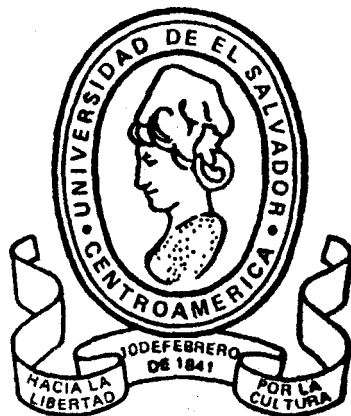


**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**EVALUACION DE SEIS SUSTRATOS EN LA GERMI-
NACION DE TRES ESPECIES FORESTALES TROPICA-
LES: CAOBA (Swietenia humilis), BALSAMO
(Myroxilon balsamun var. peréirae) y
FUNERA (Dalbergia funera)**

POR:

JOSE ORLANDO CENTENO GIRON

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 1990.

Tesis
C397



000816
Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : LIC. LUIS ARGUETA ANTILLON

SECRETARIO GENERAL: ING. RENE MAURICIO MEJIA MENDEZ

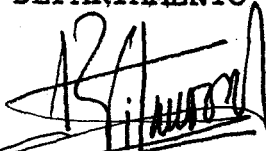
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. JOSE MARIA GARCIA RODRIGUEZ

SECRETARIO : ING. AGR. JORGE ALBERTO ULLOA

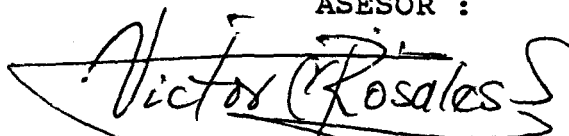
d/ por la Secretaría de la Facultad de C.C.A.A. 7-II-91.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



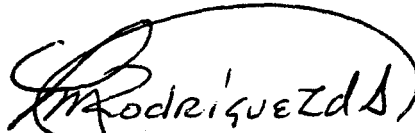
ING. AGR. JOSE RICARDO TIBERIO VILANOVA

ASESOR :

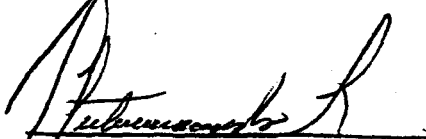


Msc. VICTOR MANUEL ROSALES SORIANO

JURADO EXAMINADOR :



ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO



ING. AGR. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO



ING. AGR. CARLOS MARIO APARICIO

RESUMEN

La mayoría de especies forestales nativas presentan problemas de reproducción, que no han sido estudiados debido a la escasa investigación que se tiene en el área forestal.

Los problemas de reproducción forestal se deben a diferentes causas: testa dura, embrión inmaduro y las condiciones germinación. El bajo porcentaje de germinación en las especies forestales es debido posiblemente al sustrato utilizado para la reproducción.

El objetivo principal del trabajo fue evaluar la eficiencia de diferentes sustratos en la germinación de tres especies forestales tropicales, las cuales fueron: Caoba (Swietenia humilis), Bálsamo (Myroxilon balsamun var. pereirae) y Funera (Dalbergia funera).

El ensayo se realizó en un período comprendido entre el 6 de junio al 21 de septiembre de 1990; utilizando un diseño completamente al azar, con tres repeticiones y seis tratamientos como sigue: materia orgánica (S₁), arena fina (S₂), arena + suelo 1:1 (S₃), aserrín + materia orgánica (S₄), aserrín (S₅) y granza (S₆); donde el testigo lo constituyó la mezcla de arena + suelo 1:1 (S₃).

A las medias de porcentajes de germinación por tratamiento se les aplicó la prueba de Duncan, encontrándose altamente significativo al 1% de probabilidad en (Swietenia humilis) y (Myroxilon balsamun var. pereirae), para la especie (Dalbergia funera) fue

significativa al 5% de probabilidad. Para las tres especies estudiadas, los tratamientos que dieron los mejores resultados fueron: aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄) , aserrín (S₅) y la granza (S₆).

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de El Salvador, por haberme permi
tido que realizara mis estudios en su recintos.

A todos mis profesores por haberme brindado sus co
nocimientos desinteresadamente.

A mi jurado calificador

A todos los que en una u otra forma, colaboraron -
con mis preparación académica.

DEDICATORIA

A mi querida madre ROSA GIRON DE CENTENO (Q.D.D.G.), por haberme dado su apoyo, cariño y todo lo que soy se lo debo únicamente a ella.

A mi hermana MARIA SAGRARIO CENTENO DE ESPERANZA, por -- brindarme abrigo cuando mas lo necesite.

A mis hermanas ROSA IBEL y TERESA CENTENO, como una muestra de superación.

A mi sobrina ADA, como un ejemplo para su futura superación.

A mis compañeros y amigos, por brindarme su apoyo y amistad en todo momento, especialmente a XENIA GLIDISDELA MARIN.

ORLANDO.

INDICE

	Página
RESUMEN	iv /
AGRADECIMIENTOS	vii /
DEDICATORIA	viii /
INDICE DE CUADROS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xv /
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos generales de las especies en estudio	3
2.1.1. <u>Swietenia humilis</u>	3
2.1.1.1. Sinónimos y nombres comunes	3
2.1.1.2. Botánica	3
2.1.1.2.1. Taxonomía	3
2.1.1.2.2. Descripción	4
2.1.1.3. Habitat y distribución	5
2.1.1.4. Usos	5
2.1.2. <u>Myroxilon balsamum</u> var. <u>pereirae</u>	5
2.1.2.1. Sinónimos y nombres comunes	5
2.1.2.2. Botánica	6
2.1.2.2.1. Taxonomía	6
2.1.2.2.2. Descripción	6
2.1.2.3. Habitat y distribución	7
2.1.2.4. Usos	7

	Página
2.1.3. <u>Dalbergia funera</u>	8
2.1.3.1. Botánica	8
2.1.3.1.1. Taxonomía	8
2.1.3.1.2. Descripción	8
2.1.3.2. Hábitad y distribución	9
2.1.3.3. Usos	10
2.2. <u>Situación de especies en vías de extinción</u>	10
2.3. <u>La semilla</u>	11
2.3.1. <u>Clasificación de las semillas forestales</u>	11
2.3.1.1. Recalcitrantes	11
2.3.1.2. Ortodoxas	12
2.3.2. <u>Partes de la semilla</u>	12
2.3.3. <u>Germinación de la semilla</u>	13
2.3.3.1. <u>Biología de la germinación</u>	14
2.3.3.1.1. <u>Absorción de agua</u>	14
2.3.3.1.2. <u>Digestión de alimentos</u> .	14
2.3.3.1.3. <u>Traslocación de nutrientes</u>	15
2.3.3.1.4. <u>Asimilación</u>	15
2.3.3.1.5. <u>Respiración</u>	16
2.3.3.1.6. <u>Crecimiento de embrión</u> .	16
2.3.3.2. <u>Condiciones de germinación</u>	16
2.3.4. <u>Factores que afectan la viabilidad</u>	17

	Página
2.3.4.1. Contenido de humedad	18
2.3.4.2. Temperatura	18
2.3.4.3. Oxígeno	19
2.3.4.4. Luz	19
2.3.4.5. Madurez de la semilla	19
2.3.4.6. Hongos, bacterias e insectos	20
2.3.4.7. Daños mecánicos	21
2.3.4.8. Cambios citológicos y genéticos	21
2.3.5. Métodos para determinar madurez	22
2.3.5.1. Color del fruto o semilla	22
2.3.5.2. Consistencia y textura del fruto y - semilla	22
2.3.5.3. Prueba de corte	23
2.3.6. Ensayos de semillas forestales	24
2.3.7. Latencia	26
2.3.7.1. Tipos de latencia	26
2.3.7.1.1. Latencia física	27
2.3.7.1.2. Latencia fisiológica ...	27
2.4. Tratamientos de semillas	28
2.5. Tipos de germinación	29
2.5.1. Germinación epigea	29
2.5.2. Germinación hipógea	29
2.6. Sistemas de germinación en el vivero	30
2.6.1. Siembra directa	30

	Página
2.6.2. Siembra indirecta	30
2.7. Sustrato	30
2.7.1. Características que deben reunir los sustra- tos	31
2.7.1.1. Causas que originan o estimulan el "danping-off" (mal de semilleros) en semilleros	33
2.7.2. Siembra de semilla en el medio	34
2.7.3. Medios de propagación	35
2.7.3.1. Suelo	35
2.7.3.2. Arena	36
2.7.3.3. Aserrín	36
2.7.3.4. Mezclas de suelo	36
2.8. Producción de plántulas bajo techo	37
3. MATERIALES Y METODOS	39
3.1. Localización del experimento	39
3.1.1. Características climáticas	39
3.1.2. Características microclimáticas	39
3.2. Metodología de campo	40
3.2.1. Recolección de sustratos	40
3.2.2. Características de los sustratos	40
3.2.2.1. Aserrín	40
3.2.2.2. Materia orgánica	41
3.2.2.3. Arena de río	42

	Página
3.2.2.4. Granza de arroz	42
3.2.2.5. Mezcla de aserrín + materia orgánica 1:1	43
3.2.2.6. Mezcla de arena + suelo 1:1	43
3.2.3. Recolección de Semilla	44
3.2.3.1. Fase de semillero	44
3.3. Instalación del experimento	45
3.4. Metodología estadística	45
3.4.1. Diseño experimental	46
3.4.2. Factores en estudio	47
3.4.3. Variables evaluadas	47
3.4.4. Toma de datos	47
3.4.5. Modelo estadístico	48
4. RESULTADOS	49
4.1. <u>Swietenia humilis</u>	49
4.2. <u>Myroxilon balsamun</u> var. <u>pereirae</u>	55
4.3. <u>Dalbergia funera</u>	60
5. DISCUSION	65
5.1. <u>Swietenia humilis</u>	65
5.2. <u>Myroxilon balsamun</u> var <u>pereirae</u>	66
5.3. <u>Dalbergia funera</u>	68
6. CONCLUSIONES	70
7. RECOMENDACIONES	71
8. BIBLIOGRAFIA	72
9. ANEXOS	78

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1	Porcentaje de germinación para la especie <u>Swietenia humilis</u> en seis tratamientos. Promedio de tres repeticiones. 51
2	Porcentaje de germinación para la especie <u>Myroxilon balsamun</u> var. <u>pereirae</u> en seis tratamientos . S ₁ = materia orgánica; S ₂ = arena fina; S ₃ = testigo; S ₄ = aserrín + materia orgánica 1:1; S ₅ = aserrín; S ₆ = granza. Promedio de tres repeticiones..... 56
3	Porcentajes de germinación para <u>Dalbergia funera</u> , en seis tratamientos. Promedio de tres repeticiones..... 62
1.A	Análisis de varianza para totales de germinación en <u>Swietenia humilis</u> 79
2.A	Prueba de Duncan para totales de germinación en <u>Swietenia humilis</u> , al 1% de significancia 79
3.A	Análisis de varianza para totales de germinación en <u>Myroxilon balsamun</u> var. <u>pereirae</u> 80
4.A	Prueba de Duncan para totales de germinación en <u>Myroxilon balsamun</u> var. <u>pereirae</u> ; al 1% de significancia 80

Cuadro

Página

5.A Análisis de varianza para totales de germinación en Dalbergia funera 81

6.A Prueba de Duncan para totales de germinación en Dalbergia funera; al 5% de significancia..... 81

7.A Formulario de germinación para toma de datos..... 83

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	<p>Porcentaje de germinación en semillas de <u>Swietenia humilis</u>, sembradas en diferentes sustratos, evaluadas durante 35 días. S₁= materia orgánica 32.01%; S₂= arena fina 39.99%; S₃=testigo 47.34%; S₄= aserrín + materia orgánica -- 74.00%; S₅= aserrín 75.36%; y S₆= granza 66.65%..</p>	53
2	<p>Porcentaje de germinación de la especie <u>Swietenia humilis</u> en un período de 35 días. (10 días después de la siembra).....</p>	54
3	<p>Porcentaje de germinación en semillas de <u>Myroxylon balsamun</u> var. <u>pereirae</u>, sembradas en diferentes sustratos; evaluadas durante 60 días. S₁= - materia orgánica 29.34%; S₂= arena fina 16.00%; S₃= testigo 15.33%; S₄= aserrín + materia orgánica 1:1 43.34%; S₅= aserrín 50.07%; y S₆= -- granza 43.34%.....</p>	58
4	<p>Porcentajes de germinación de la especie <u>Myroxylon balsamun</u> var. <u>pereirae</u> en un período de 60 días. (30 días después de la siembra).....</p>	59

Figura

Página

- 5 Porcentajes de germinación en semillas de Dalbergia funera, sembradas en diferentes sustratos, evaluados durante 17 días. S₁= materia orgánica 20.00%; S₂= arena fina 31.66%; S₃= testigo 35.00%; S₄= aserrín + materia orgánica 54.99%; S₅= -- aserrín 66.67%; y S₆= granza 61.68% 63
- 6 Porcentaje de germinación de la especie Dalbergia funera, en un período de 30 días. (5 días después de la siembra)..... 64
- 7 Germinación de la semilla. A: Germinación epígea; B: Germinación hipógea..... 82

INTRODUCCION

En El Salvador la pérdida de los recursos naturales es acelerada por la alta deforestación existente, ocasionando diversos problemas: la extinción de especies forestales nativas, escasez de mantos acuíferos, erosión de los suelos y una eliminación paulatina de la fauna por la falta de cobertura vegetal como medio de vida.

El bajo porcentaje de germinación en las especies nativas ha motivado la realización de este trabajo, debido a que muchas de ellas se encuentran en peligro de desaparecer, tratando de esta manera de rescatar el recurso fitogenético de las especies en estudio. El trabajo consistió en la evaluación de diferentes sustratos en la germinación de tres especies forestales: (Swietenia humilis), (Myroxilon balsamun var pereirae) y (Dalbergia funera); tratando de encontrar al menos un sustrato con un alto porcentaje de germinación, el cual se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; donde una vez obtenidos los materiales usados como sustratos, se procedió a tamizarlos para uniformizarlos y hacer las mezclas respectivas para obtener los seis sustratos de estudio, luego se llenaron cajas de durapax para luego hacer la siembra de las semillas previamente desinfectadas. La toma de datos se inició cuando las primeras semillas germinaban y salía a la superficie del sustrato el hipocótilo de las mis-

mas.

El ensayo pretendía encontrar un sustrato en el cual se diera un mayor porcentaje de germinación y uniformidad en el menor tiempo posible.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales de las especies en estudio

2.1.1. (Swietenia humilis) Zucc. (4, 37)

2.1.1.1. Sinónimos y nombres comunes :

Sinónimo botánico : (Swietenia ciryhata) Blake

Nombres comunes : Caoba (español); Cóbano (México);
Mahogany (inglés); Caobano (Honduras) (37).

2.1.1.2. Botánica

2.1.1.2.1. Taxonomía

Reino : Plantae
División : Antófitas
Sub-división : Angiospermas
Clase : Monocotiledóneas
Orden : Gutiferales
Familia : Meliaceas
Género : Swietenia
Especie : humilis (18, 21)

2.1.1.2. Descripción

Forma : Arbol de mediano a grande, alcanza alturas hasta de 24 m, y diámetros variables y alcanzando los 0.50 m, dependiendo la zona donde se encuentra. Presenta una copa extendida y corteza plateada a negruzca, cubiertas con grietas profundas verticales y horizontales que forman placas delgadas.

Las ramitas de color verde a gris ásperas con puntos verrugosos inconspicuos (lenticelas) . (21).

- Hojas : Las hojas alternas paripinnadas de 4-48 cm, de largo, las láminas de forma lanceolada a ovada de borde liso, el haz es de color verde lustroso y el envés verde claro.

- Flores : Presenta grupos florales ramificados, amarillentos de 6-10 cm, de largo, encontrándose junto a la base de las hojas nuevas, de color amarillo verdoso de 1 cm en tamaño.

- Frutos : Son cápsulas leñosas dehiscentes café pálido a blancuzco en forma de huevo o pera, de 8-15 cm, ó más de largo y de 6-8 cm de diámetro (14, 37).

- Semillas: Son aladas, el tamaño es de 2-4 cm, de largo y de ancho 2 cm, de color café pálido, presenta una forma aplana en toda su estructura. Estas son dispersas por el vien-

to al romperse el fruto ya que presenta alas (21).

2.1.1.3. Hábitat y distribución

En elevaciones bajas de tierra caliente, ascendiendo hasta los 400 msnm. Se localiza distribuido desde México hasta América del Sur, se encuentra a menudo en las lomas (37).

2.1.1.4. Usos

La madera es apreciada por su peso liviano. Peso específico de 0.891, presentando la variante de que la madera de sitios húmedos es más liviana en tanto la madera de sitios secos es de mayor peso. Es de textura mediana a fina. Puede mantenerse mucho tiempo y no es dañada por insectos y roedores.

En El Salvador se le da los siguientes usos : Se emplea en ebanistería; para la construcción de muebles, puertas, bateas; en la fabricación de carrocerías de vehículos; en la fabricación de instrumentos musicales; y objetos torneados.

De la semilla se obtiene jabón y aceites (4, 37).

2.1.2. Myroxilon balsamun var. pereirae (L) (3)

2.1.2.1. Sinónimos y nombres comunes.

Nombre común : En pipil Ujshiguahuit (3)
Bálsamo (18)
Balsamero (14)

2.1.2.2. Botánica

2.1.2.2.1. Taxonomía

Reino : Plantae
División : Antófitas, sub división, angiospermas
Clase : Dicotiledóneas
Orden : Rosales
Familia : Leguminosas, sub-familia papilionaceae
Género : Myroxilon
Especie : balsamun var. pereirae (18)

2.1.2.2.2. Descripción

Forma : El bálsamo es un árbol que casi todo el año pasa cubierto de hojas verdes, árbol robusto de un denso ramaje y follaje; la copa es ampliamente extendida; alcanza alturas de 25-30 m, y un diámetro de 1-2 m, el tronco es recto presentando grietas verticales, la corteza es de color pardo a café oscuro.

Hojas : Estas son alternas, compuestas imparipinnadas con pulvínulo y estípulas alternas. Los pecíolos son de tamaño variable de 3-4 cm, las hojas presentan un color verde lustroso, miden de 3-10 cm, de largo.

Flor : La flor es una inflorescencia racemosa encontrán

dose en los terminales, presenta un color blanco. Tiene 10 estambres, cuyos filamentos libres llevan anteras amarillas, biloculares y con ovario supero.

Fruto : Es una vaina aplomada, amarillo-ocre; alargada y con dos aletas laterales, indehiscente. La semilla es única en cada vaina de aspecto reniforme, envuelta en dos capas perispermáticas, coriáceas (14).

2.1.2.3. Hábitat y distribución

Es un árbol oriundo de El Salvador, distribuido desde la costa hasta unos 600 msnm. Se encuentra en zonas montañosas y semimontañosas. En el país se encuentra distribuido mayormente en la zona occidental (3).

2.1.2.4. Usos

Presenta una excelente madera, fácil de trabajar, resistente al ataque de insectos. Se usa para la fabricación de muebles finos; y en general es de usos múltiples. Su densidad es de 1.21 y el peso de 1.021. Tiene varios usos en medicina (14).

2.1.3. Dalbergia funera (Standl.)

2.1.3.1. Botánica

2.3.1.1.1. Taxonomía

Reino	:	Plantae
División	:	Antófitas; sub-división: Angiospermas
Clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Rosales
Familia	:	Leguminosas
Género	:	<u>Dalbergia</u>
Especie	:	<u>funera</u>

2.1.3.1.2. Descripción

Forma : El funera es un árbol siempre verde que puede alcanzar de 12-15 m, y con un diámetro de aproximadamente un metro. Posee un tronco recto pues las ramas se encuentran cerca de la copa, la corteza es negruzca, glabra o cer_{ca}namamente de este modo.

Hojas : Estas son alternas imparipinnadas o aveces un fóliolo, las hojuelas de 5-7 con pecíolos cortos de longitud, subcoriáceos, ampliamente oval o suborbicular, en su mayor parte de 3.5 - 6.5 cm, de longitud y 2-4.5 cm, de ancho y redondeado en la ápice, redondeado en la base, verde

y glabro, encima (haz) lustroso, la venación prominente, muy pálido debajo (envés).

Flores: Estas son mayormente pequeñas, blancas o púrpuras, se encuentran en la axila o en racimos terminales, cima o panículas (grupos florales); brácteas y dos cáliz superiores dentados y anchos. Pétalos en forma de espada o ligeramente encorvados; estilo delgado, el cáliz pubescente debajo o cerca de glabro. Ovario estandar u orbicular, la ala oblonga; quilla obtusa, los pétalos connatos dorsalmente en el ápice, todos los estambres connatos, en la vexilar unolibre erectos y diminutos, las anteras al instante dehiscente o rara vez indehiscente longitudinalmente; ovario estipitado, estilo corto encurvado, el estigma corto terminal.

Frutos : Es una vaina subreniforme a oblonga o lineal, más o menos comprimida y plana indehiscente, con una o pocas semillas, frecuentemente reticulado-veteado, mide de 4-5.5 cm, de largo, ligeramente ancho, redondo y apiculado en el ápice, agudo en la base . Semillas de color moreno tomentuloso, el margen superior algunas veces marginado y alado; éstas de aspecto reniformes, comprimidas, la radícula capaz de doblarse o torcerse.

2.1.3.2. Hábitat y distribución

Es un árbol común de sitios frescos, en El Salvador se encuentra en La Reina, Chalatenango, y desde los 500 a

2 000 msnm. Existen 10 especies ó más en los trópicos de am bos hemisferios. Tres o más especies adicionales son conoci das de Centro América.

2.1.3.3. Usos

Madera : El funera produce madera fina y de buena cali-
dad, es de color castaño oscuro, la madera es altamente re
sistente a plagas y a la intemperie. Es bastante difícil de
trabajar manualmente porque es de una dureza superior a las
maderas comunes. En América Central es de gran importancia
económica porque se ha usado para ebanistería fina, en la fa
bricación de equipos y accesorios para el hogar y el comer-
cio (33).

2.2. Situación de especies en vías de extinción

El escaso recurso fitogenético nativo con que cuenta el
país es de aproximadamente unas 700 especies forestales de
las cuales algunas se encuentran en peligro de desaparecer
debido a la tala indiscriminada de los bosques nativos,
etc. Otras que por su reproducción es lenta y difícil, dis
minuye el incremento de la germinación.

Las especies estudiadas han sido reportadas en peligro
de extinción, por lo que urge que se recuperen éstas y to-
das las especies forestales nativas, pues se encuentran muy
pocas en el país (14, 18).

2.3. La semilla

Generalmente la semilla se utiliza en la producción de plantas, originando la ejecución de numerosos estudios con la finalidad de investigar los procesos internos en el proceso de la germinación como también sobre las características morfológicas (35).

La semilla de los árboles y arbustos es una de las estructuras más compleja en el reino vegetal; iniciándose este proceso con la floración continúa con la polinización, fertilización y embriogénesis, finalizando con el desarrollo y crecimiento del fruto. Botánicamente la semilla forestal se define como el óvulo fecundado y maduro el cual tiene un embrión; endospermo o cotiledones y los tegumentos (28).

2.3.1. Clasificación de las semillas forestales

*

Las semillas forestales se agrupan en dos clases: recalcitrantes y ortodoxas, la cual se ha hecho en base a la viabilidad que presentan las semillas cuando son almacenadas por períodos prolongados. En general existen semillas de especies forestales almacenables (ortodoxas) y no almacenables, o no se recomienda almacenarlas por mucho tiempo (recalcitrantes) (6).

2.3.1.1. Recalcitrantes

Son semillas de viabilidad corta, no toleran baja temperatura y no se puede reducir el contenido de humedad. Normalmente estas semillas tienen un contenido de humedad elevado. Ejemplo: Juglans sp, Sapindus saponaria, Araucaria sp, Rhizophora mangle (6, 29).

2.3.1.2. Ortodoxas *

Estas semillas presentan una viabilidad larga, las cuales se pueden almacenar durante mucho tiempo, pues se puede reducir su contenido de humedad hasta 4-5%, sin causar daño. Ejemplo: Myroxilon balsamum, Swietenia humilis, Dalbergia funera (6, 29).

2.3.2. Partes de la semilla

Las partes básicas de la semilla son tres: el embrión, los tejidos de almacenamiento y la cubierta seminal (1, 15, 27).

Embrión : El embrión es el que da origen a una nueva planta, el cual se forma de la fecundación del gameto masculino con el femenino (15, 27).

En las plantas dicotiledóneas el embrión está constituido por un eje y las dos primeras estructuras foliares. Al eje se le conoce como hipocótilo, que se encuentra en la inserción de los cotiledones. En el extremo basal se encuentra la incipiente radícula y en el extremo apical del eje se encuentra el epicótilo cuando no presenta hojas embrionarias y si las presenta, se le conoce con el nombre de plúmula (1). (Anexo 7).

Tejidos de almacenamiento : Existen diferentes tejidos de almacenamiento entre los cuales están los cotiledones, el endospermo, el perispermo. Semillas que presentan endospermo grande se les denomina "albuminosas" y aquellas que carecen de él o está reducido se les llama "exalbuminosas" (1, 9, 15).

Químicamente los tejidos del almacenamiento están constituidos por carbohidratos, lípidos y proteínas. Los carbohidratos de las semillas de árboles y arbustos se encuentran en la forma de almidones, hemicelulosas y galactononas (1, 28).

Los lípidos por ácidos grasos, en los que se destacan los ácidos láurico, mirísticos palmítico, esteárico, linoléico, linolénico, etc. (1, 28). Las proteínas se encuentran almacenadas en la forma de albúminas, globulinas y glutelinas, en estructuras subcelulares llamadas cuerpos proteínicos o granos de aleurona (28).

Cubierta de la semilla: Las envolturas de la semilla pueden originarse por las cubiertas de la misma, por los restos de la nucela y a veces por partes del fruto (15).

La cubierta de la semilla en árboles y arbustos al llegar a la madurez presenta diferentes características externas; las más sobresalientes son el tipo de superficie, la consistencia, el color, estomas y otras estructuras (1).

2.3.3. Germinación de la semilla

El fenómeno de la germinación se define por: la emergencia y desarrollo del embrión de las estructuras esenciales, conduciendo a la ruptura de la cubierta seminal, hasta ser independiente de las reservas almacenadas (27).

Es un proceso que comprende una cadena de cambios que se inicia con la imbibición de agua y conduce al rompimiento de la testa por la radícula o por la plántula (5, 8).

La germinación propiamente dicha comienza tiempo antes de la ruptura de la semilla, pero no es perceptible por estar bajo el sustrato y es cuando se desarrolla una serie de

cambios que van acompañados por divisiones y agrandamientos de las células del embrión y aumentos en la actividad metabólica del mismo (8). La germinación sólo puede apreciarse mediante la salida del brote del hipocótilo (1).

2.3.3.1. Biología de la germinación.

La biología de la germinación es un proceso complejo el cual sigue una serie de cambios que se detallan a continuación los cuales se traslapan en su desarrollo.

2.3.3.1.1. Absorción de agua

El agua es absorbida principalmente por imbibición a través del protoplasto y es traslocada a las vacuolas, causando la hinchazón o turgencia de la semilla y eventualmente el quebrantamiento o hundimiento de la testa (27).

La cantidad mínima de agua necesaria para la germinación de las semillas se denomina "nivel crítico de humedad", el que varía de 30% hasta un 50-55% (1). La tasa de absorción de agua depende de la temperatura y de la permeabilidad de la testa, ya que a mayor temperatura existe una mayor absorción de agua (27).

2.3.3.1.2. Digestión de alimentos

Por lo general el material almacenado en los tejidos de

reserva, es inmóvil e insoluble, y para ser utilizados por el embrión deben transformarse a sustancias más simples. La actividad metabólica ejercida por las enzimas se incrementa al ritmo que aumenta el proceso respiratorio (1). Entre las enzimas encargadas de convertir el almidón en azúcar asimilable es la amilasa que es secretada en el endospermo por un estímulo hormonal y tienen una acción importante en la actividad metabólica (1, 32).

2.3.3.1.3. Traslocación de nutrientes

Cuando las reservas han sido convertidas en sustancias asimilables por las diferentes enzimas que entran en el proceso, son traslocadas al endospermo y cotiledones y su traslocación a las regiones de crecimiento: radícula, plúmula, hipocótilo (1, 27).

2.3.3.1.4. Asimilación

Con el incremento de los procesos fisiológicos, la asimilación de los alimentos digeridos se ejerce en los puntos de crecimiento, los que son convertidos en materia viva. La asimilación es la parte del proceso de germinación que proporciona las energías necesarias para el crecimiento celular y desarrollo subsiguiente del embrión (1).

2.3.3.1.5. Respiración

Toda materia viva para obtener la energía que le permita crecer y desarrollarse lo hace por medio de la respiración que se lleva a cabo en las mitocondrias de las células.

La respiración es un proceso que se desarrolla mientras la semilla está viva. Durante la germinación la tasa de respiración se eleva y se incrementa la absorción de oxígeno, desprendiendo en el proceso, bióxido de carbono (1, 15).

2.3.3.1.6. Crecimiento del embrión

Una vez la semilla germina, el crecimiento del embrión se da por: división celular, elongamiento celular o por la combinación de ambos.

El crecimiento inicia en la radícula o en la plúmula, esto depende de la especie.

Algunos autores, entre otros James (1967), afirma que en la mayoría de las semillas el órgano que aparece primero es la radícula y crece hacia abajo por poseer geotropismo positivo, luego después aparece un brote en dirección opuesto siendo éste el hipocótilo, el cual se aleja del suelo a medida va creciendo (1, 17).

2.3.3.2. Condiciones de germinación

Las condiciones óptimas de germinación en los diferentes

estudios no son idénticos y muy a menudo pueden variar en las distintas semillas. En consecuencia, gran parte de las investigaciones de semillas ha tenido por objeto determinar una combinación de condiciones que proporcionen la germinación homogénea, rápida y completa en la mayoría de las muestras de una misma especie.

Turnbull (1975), comenta en detalle las condiciones que deben tener en cuenta en los análisis de germinación: (34)

- 1) Sustrato de germinación
- 2) Humedad y ventilación
- 3) Control de la temperatura
- 4) Luz
- 5) Distancia entre las semillas
- 6) Control de hongos
- 7) Enfermedades y patógenos en general

2.3.4. Factores que afectan la viabilidad

La viabilidad: Generalmente puede definirse como la capacidad que tiene la semilla de sobrevivir o seguir el desarrollo. La germinación es un fenómeno complejo que resulta algunas veces ser lento y difícil dependiendo de las condiciones de germinación y de las características morfológicas de las semillas, esto dificulta la emergencia del embrión de la testa y el proceso de germinación requiere de mucho tiempo para desarrollarse (30).

2.3.4.1. Contenido de humedad e)

Según las reglas de la Asociación Internacional para el ensayo de semillas (ISTA, 1976), el contenido de humedad de la semilla se expresa como porcentaje, del peso de la misma en estado húmeda, la reducción considerable de humedad, disminuye los procesos metabólicos y por consiguiente el proceso respiratorio se disminuye, así como el consumo de las sustancias nutritivas, lo cual permite que la viabilidad permanezca por más tiempo en la semilla. (13).

Especies forestales de semillas grandes, no sobreviven al bajar su contenido de humedad (desecación).

En el año de 1961, Barton (2), menciona que el contenido de humedad natural en semillas forestales después de la maduración varía de 15 y 30% en función de la especie y de las condiciones. Los cambios del contenido de humedad en la semilla dependen de la humedad relativa del aire y tipo de fruta.

2.3.4.2. Temperatura

Muchas semillas forestales pueden germinar dentro de un amplio rango de temperaturas; pero algunas especies tienen una óptima. Temperaturas extremas impiden la germinación de la mayoría de las semillas forestales; aunque existen excepciones. En vivero la temperatura ambiental tiende a varias de 5°-40 °C (27).

2.3.4.3. Oxígeno f)

El proceso respiratorio del embrión depende como cosa natural del contenido de oxígeno presente en el interior de la semilla y también de la aireación en el medio de germinación. El oxígeno es el que desencadena el proceso respiratorio y metabólico del embrión para dar inicio al proceso de germinación de la semilla. Durante el almacenaje de semillas es necesario reducir el contenido de humedad y de oxígeno para reducir la intensidad respiratoria del embrión y así mantener la capacidad germinativa más tiempo (30).

2.3.4.4. Luz d)

Las semillas forestales frecuentemente son enterradas bajo condiciones naturales y germina sin luz; sin embargo, la germinación de muchas especies forestales se estimula con la luz (30).

2.3.4.5. Madurez de la semilla

El grado de madurez en la época de la cosecha de semillas es un factor importante en la variación de la viabilidad de la semilla. El grado de madurez es afectado por di-

ferentes causas: período desde la maduración de la semilla hasta su dispersión es muy corto, también existen varios grados de madurez en un mismo rodal o incluso en un mismo árbol (30). El grado de madurez es cuando ésta ha alcanzado el peso seco máximo; el peso fresco máximo no indica madurez fisiológica, porque la semilla empieza a perder agua mientras se están acumulando los nutrientes. Los cambios físicos en el fruto o en la semilla pueden usarse como índices prácticos de madurez fisiológica (31).

2.3.4.6. Hongos, bacterias e insectos

Semillas almacenadas en condiciones relativamente húmedas, son atacadas con facilidad por los llamados "hongos de almacén", los cuales afectan grandemente la viabilidad de la semilla, y comprende los géneros Aspergillus, Botrytis, Rhizopus, Penicillium. El método más usado para prevenirlos durante el almacenaje es por medio de temperaturas bajas (15 °C), bajo contenido de humedad, 10% (15, 30, 31).

La mayoría de los insectos del género Megastigmus son los más dañinos pero sólo antes del almacenaje de la semilla, pues a temperaturas superiores a 40-42 °C, mueren (20, 21). Debe desinfectarse las semillas y sustratos para evitar pérdidas de plántulas afectadas por hongos en el semillero (27).

2.3.4.7. Daños mecánicos

Daño mecánico puede definirse como cambios severos debido a defectos relativos a la recolección o manipulación de las semillas. Algunas especies forestales, tienen una capacidad natural de restitución frente a los daños mecánicos de la semilla. Daños importantes reducen enseguida la viabilidad de la semilla (15, 30).

2.3.4.8. Cambios citológicos y genéticos

La reducción de la viabilidad puede suponer un rendimiento reducido en dos maneras: En primer lugar, una reducción del porcentaje de germinación puede dar como resultado un número subóptimo de plantas por unidad de superficie; y en segundo lugar, la reducción de la viabilidad puede significar que las plantas supervivientes sean de una calidad inferior.

Muchos investigadores temen que una reducción del poder de germinación suponga cambios en la constitución genética de la semilla debido a que la capacidad de supervivencia varía de unos genotipos a otros; también existe la posibilidad de que las condiciones desfavorables de almacenaje aumenten el número de cambios cromosómicos (16, 30).

Sin embargo, se reporta que las dos formas de cambios genéticos pueden controlarse en gran medida y mantenerse en un nivel mínimo mediante una eficaz recolección, manipulación y

almacenaje de la semilla (36).

2.3.5. Métodos para determinar madurez

2.3.5.1. Color del fruto o semilla

Casi todos los frutos cambian de color mientras están madurando, este cambio corresponde a la madurez final del fruto o semilla. En árboles forestales el método requiere de mucha experiencia, porque en algunas especies los cambios de color no son necesariamente distintos, por presentar poca cantidad de mesocarpio y presentan un mismo color desde la formación hasta la madurez, en este caso los frutos de árboles forestales caen solos por acción del viento o por abscisión del pedúnculo (13, 31).

2.3.5.2. Consistencia y textura del fruto y semilla

La consistencia de frutos carnosos puede servir como buen indicador de su madurez final. La textura de la pulpa debe estar al punto de ponerse blanda y suave (13, 31).

La consistencia y textura de la semilla es un buen indicador de madurez. Muchas de las especies forestales pasan varias etapas de consistencia y textura, mientras se está madurando la semilla, etapa "lechosa", cuando el endospermo

está líquido, donde el embrión no es viable, etapa de "masa", donde los tejidos son más firmes y consistentes, etapa de "sólidos", al final, cuando las semillas completan la madurez, el embrión y el endospermo se ponen sólidos, y es un punto práctico de recolección. (13, 31).

2.3.5.3. Prueba de corte

Esta prueba se realiza para averiguar si el espacio interno comprendido entre la testa es llenado completamente por el endospermo y el embrión, así verificar la formación completa de la semilla para eliminar semillas vanas que tienen el espacio vacío por mal formación de los tejidos.

El estado de la semilla se puede conocer cortando longitudinalmente algunas muestras de semillas (13, 31).

La prueba de corte permite observar las condiciones del endospermo; semillas viables presentan endospermo blanco y muy firme y semillas de poca viabilidad el endospermo se encuentra acuoso y obscuro (7, 11).

La viabilidad depende mucho de la madurez de la semilla en el momento de la recolección, del daño que se le ocasione durante el proceso de limpieza y de la duración del período de almacenamiento.

La viabilidad se puede determinar física y biológicamente o más confiablemente, mediante pruebas de germinación.

Físicamente se puede determinar mediante pruebas de floo

tación y de corte (7).

La viabilidad puede expresarse en los siguientes términos :

- 1) Porcentaje de germinación : Es el porcentaje actual de semilla germinadas del lote hasta el final del ensayo.
- 2) Capacidad germinativa: Es la suma del porcentaje de semillas germinadas y las restantes semillas sanas no germinadas.
- 3) Energía de germinación: Indica el porcentaje germinado dentro de un plazo dado, por ejemplo: el 70% dentro de 7 días, el 90% dentro de 14 días (34).

2.3.6. Ensayos de semillas forestales

Los ensayos de semillas permiten al viverista controlar la producción de plantas, es así como la Dirección de Fomento de la Producción Vegetal del Estado de Amazonas, Brasil, ha realizado ensayos de germinación, en sustratos a base de aserrín mojado, logrando un incremento en la germinación y en la rapidez de la misma (velocidad de germinación) (11).

- Flotación :

Es un ensayo de densidad para determinar físicamente la viabilidad de las semillas, y semillas vanas (11).

- Germinación de campo :

Esta prueba se emplea para determinar biologicamente la cantidad efectiva de plantas que germinan en el suelo (11).

- Germinación :

Una germinación uniforme puede obtenerse de acuerdo con técnicas preestablecidas para cada especie individual, humeando las semillas simplemente, o estratificándolas en arena húmeda o musgo a una temperatura de 4 °C durante cuatro a seis semanas, o cualquier otro tratamiento pregerminativo (11, 15).

En el ensayo de germinación debe determinarse el porcentaje de semillas germinadas, y también la energía germinativa, también deben registrarse las técnicas de ensayo (15).

Los ensayos que se han hecho sobre tierra o mezclas de tierra-arena generalmente dan un porcentaje de germinación más bajo (11).

El recuento final en los ensayos de germinación se hace de 30 a 40 días después de la siembra y las semillas que no han germinado se cortan y se examinan (11, 30).

Las pruebas de germinación constituyen estimaciones reales de la capacidad germinativa, que es el porcentaje total y acumulativo al final del ensayo en un período no mayor de 30 a 40 días, máximo. En las operaciones forestales es importante que la germinación sea rápida, por ello se aprecia más la energía germinativa de un lote de semillas en germi-

nación que se representa gráficamente con el punto más alto en la curva de germinación, luego la germinación se vuelve más lenta. La energía germinativa se expresa, por lo general, como el número de días necesarios para que ocurra la mayor proporción de la germinación total (7)

2.3.7. Latencia

En muchas de las semillas tropicales no es común que presenten latencia, pues no presentan ninguna ventaja ecológica para la mayoría de especies. Las semillas de muchos árboles forestales germinan cuando están presentes las condiciones adecuadas, aquellas que siendo viables no germinan, son consideradas latentes (27).

En el año de 1972, Villagómez Aguilar, define el término latencia y a menudo es el más citado: "Es la incapacidad de las semillas, de reiniciar el desarrollo inmediatamente cuando se les suministra agua y oxígeno a temperaturas normalmente favorables para el crecimiento de la planta (35).

La latencia se presenta como una germinación pobre y variable y representa un problema al viverista, alargando el período de germinación de semillas (27).

2.3.7.1. Tipos de latencia

El retardo en la germinación no es accidental, la

causa puede estar en una cubierta seminal dura, embrión inmaduro, o en la presencia de efectos fisiológicos internos (inhibidores). Esto genera la creación de dos tipos de latencia. (1).

2.3.7.1.1. Latencia física

También llamada latencia morfológica, donde parte de la morfología de la semilla impide su normal desarrollo de germinación. Ocurre cuando las semillas poseen un embrión inmaduro; puede ser que el desarrollo morfológico del embrión no esté terminado, o aunque bien desarrollado, debe crecer más en tamaño. La causa más común de la latencia física en las especies forestales de Centro América, es una testa impermeable -- al agua y/o a los gases, o restringe mecánicamente la hinchazón que sigue a la absorción de agua y multiplicación de células (1, 27).

2.3.7.1.2. Latencia fisiológica

También conocida como latencia interna, caracterizada por una semilla madura en el sentido anatómico pero que no puede germinar hasta que se produzcan ciertos cambios fisiológicos después que ocurre la dispersión (27).

Algunas especies tienen un embrión latente, en el cual el

bloqueo fisiológico está asociado con una restricción, mientras que en otras existe un inhibidor químico que dificulta la germinación, como son: aceites esenciales, ácidos orgánicos no saturados, resinas, amoníaco, hormonas, como el ácido absísico (1, 8, 15, 27).

Algunos autores asocian el término latencia al reposo, letago o dormancia en este sentido se señalan los siguientes tipos de reposo o latencia:

- a) Reposo embrionario: la germinación es bloqueada por factores internos.
- b) Embrión no maduro: cuando el fruto no está totalmente duro.
- c) Reposo de la testa: es cuando las especies forestales presentan semillas que muchas veces no germinan por tener -- testa dura.
- d) Resistencia mecánica de la testa: se exige gran fuerza para romper la testa
- e) Reposo doble: es la combinación de reposo embrionario y de testa.
- f) Reposo inducido: debido al almacenaje o manejo incorrecto. (15, 26, 27, 34).

2.4. Tratamientos de semillas

Los tratamientos de semillas para controlar enfermedades son por medio de los desinfectantes; estos eliminan organis--

mos presentes en las superficies de la semilla. Entre los materiales que se han usado para tal objeto se encuentran el hipoclorito de calcio, el agua de bromo y el bicloruro de mercurio. Las concentraciones blanqueadoras comerciales, como el Clorox - se ha utilizado diluyendo 1 parte en 9 de agua, y se agita por 10 minutos. También se encuentran los desinfectantes, éstos -- eliminan los organismos que están dentro de las semillas; entre éstos se encuentran el agua caliente, el bicloruro de mercurio (1 parte por 1000 de agua) y en cierto grado los compuestos de mercurio orgánico (27).

2.5. Tipos de germinación

2.5.1. Germinación epígea

Es aquella en la cual los cotiledones salen de la superficie del suelo junto con el hipocótilo. Primero hipocótilo se alarga rápidamente formando al principio un arco en la parte superior y luego se endereza empujando los cotiledones hacia arriba de la superficie del suelo; frecuentemente se observa la testa prendida a los cotiledones. Ejemplo: (Dalbergia funera) (15, 27) (Fig.7).

2.5.2. Germinación hipógea

En la germinación hipógea los cotiledones quedan debajo

de la superficie del suelo. No se forman el arco del hipocótilo al inicio del crecimiento. En vez de esto, hay un crecimiento rápido de la plúmula; y los cotiledones se quedan debajo de la superficie prendidos a la plántula hasta que se secan después de algunas semanas, por ejemplo: Caoba (Swietenia humilis), Bálsamo (Myroxilon balsamun var perei-rae) (1, 27). (Fig. 7).

2.6. Sistemas de germinación en el vivero

2.6.1. Siembra directa

En este tipo de siembra la semilla se coloca directa mente en el envase o al terreno, en donde quedará una vez germinada la planta en el lugar definitivo (27).

2.6.2. Siembra indirecta

La siembra se realiza en semilleros (cajas o camas de germinación), luego las plántulas serán trasplantadas a los envases (27).

2.7. Sustrato

Sustrato es, aquello que sirve de asiento a la planta, tanto si sólo se utiliza para asirse de él como si penetra

en su interior y vive a sus expensas.

Sustrato es todo material que se utiliza para la propagación de especies siempre que presente las características adecuadas para ser utilizado (liviano, suave, barato, homogéneo, etc.).

Existen diversos medios o sustratos y mezclas de éstos, los cuales pueden ser de uno o más materiales; que se usan en las operaciones de propagación; tales como: germinación de semillas, enraizado de estacas y cultivos de plantas en macetas.

2.7.1. Características que deben reunir los sustratos

- a) Ser lo suficientemente firme y denso para mantener las semillas o las estacas en su sitio durante la germinación o enraizado.
- b) Ser liviano en peso.
- c) Su volumen no debe variar mucho, ya sea seco o mojado.
- d) Retener suficiente humedad y no necesitar riegos muy frecuentes.
- e) Debe ser lo suficientemente poroso y permitir una aereación adecuada.
- f) Tener una alta capacidad de intercambio de cationes.
- g) Tener un pH entre 4.5 y 6.0.
- h) Estar libre de malezas, nemátodos, enfermedades y otros organismos patógenos nocivos.

i) No tener ~~a~~ exceso nivel de salinidad (15, 27).

Se han utilizado muchos materiales para la preparación del sustrato incluyendo los siguientes: arena, materia orgánica descompuesta, turba, tierra, musgo de esfagnea, vermiculita, fibra de coco, paja de arroz molido y corteza molida. Debido a los altos costos de transporte y en algunos casos el alto costo de obtención, los sustratos en los viveros forestales del trópico, generalmente son limitados por la disponibilidad local de materiales convenientes. Por lo tanto, los sustratos basados en tierra y arena son los más comunes.

Se prefiere una tierra de textura franco arenosa, cabe mencionar que el aspecto de textura es mucho más importante que la fertilidad porque se puede modificar este último fácilmente con la aplicación de fertilizantes (24, 25, 27).

Dado que es más fácil aplicar agua a un sustrato que reducir su contenido de humedad, se prefieren sustratos arenosos que tengan buen drenaje para la germinación. Otros sustratos inertes, tal como la vermiculita, que es un material micaceo desintegrado; también son recomendables. Además este tipo de sustrato facilita la germinación por permitir una fácil penetración de la radícula (24, 25).

Mayor importancia tiene la habilidad del hipocótilo o epicótilo, para empujar a través del sustrato y emerger. Por esta razón el sustrato que cubre la semilla debe ser un material de peso liviano (24, 27).

Una mezcla demasiado pesada para la siembra de semillas

ejerce un efecto negativo al momento de la germinación pues el hipocótilo no puede romper la superficie del sustrato, causando un ahogamiento del embrión y por consiguiente disminuye el porcentaje de germinación (23).

Un sustrato pesado obstaculiza el drenaje y la aereación dentro del medio disminuye, aumentando el riesgo de "damping-off"; los sustratos pesados se mezclan con arena gruesa o en su defecto con materia orgánica descompuesta para obtener una mejor estructura y permitir así una mejor aereación y drenaje del sustrato. La materia orgánica a utilizar debe estar bien descompuesta para evitar que la descomposición se desarrolle cuando es empleada como sustrato de germinación evitando así la producción de sustancias tóxicas y hongos saprofiticos que perjudican la germinación. La aplicación de un riego excesivo al sustrato durante la germinación aumenta el riesgo de "damping-off"; como también la formación de una capa verde de algas sobre el sustrato, esto es un indicador de exceso de humedad (19).

2.7.1.1. Causas que originan o estimulan el "damping-off"
(mal de semilleros) en semilleros.

- 1) Demasiada humedad y mal drenaje
- 2) Poca luz
- 3) Poca ventilación o circulación de aire inadecuado
- 4) Temperatura alta.

- 5) pH de 7 ó más
- 6) Alta densidad de siembra
- 7) Materia orgánica (12, 19).

En general, el riesgo de "damping-off" o "mal de semille ros", se disminuye con el buen manejo, en que la luz, el agua, la ventilación, y la limpieza son factores importantes.

2.7.2. Siembra de semilla en el medio

El método de siembra depende del tamaño de las semillas, la profundidad a que se colocan las semillas, depende del tamaño de la especie y de las condiciones de germinación. Las semillas más grandes pueden ser depositadas a una profundidad de una o dos veces su diámetro mínimo, siempre que durante la primera semana de siembra se mantengan buenas condiciones de humedad (19).

La temperatura a que deben colocarse las cajas depende de las necesidades de la semilla en germinación. Para las semillas de la mayor parte de las plantas, la mejor temperatura está alrededor de 20 °C y para las semillas del trópico, son preferibles temperaturas de hasta 30 °C. Temperaturas mayores conducen a una pérdida rápida de la humedad y en algunas semillas inhiben la germinación (15, 27).

2.7.3. Medios de propagación

2.7.3.1. Suelo

Un suelo está formado por materiales en estado sólido, líquido y gaseoso y para que las plantas tengan un crecimiento satisfactorio, tales materiales deben encontrarse en el suelo en proporciones adecuadas.

En la porción sólida de un suelo se encuentran tanto formas orgánicas como inorgánicas. La inorgánica está constituida por residuos de roca materna, después de la descomposición debida a los procesos físicos y químicos de intemperización.

La porción orgánica del suelo está formada por organismos tanto vivos como muertos; mientras que los restos de esos organismos, tanto animales como vegetales, en diverso estado de descomposición, forman la materia orgánica muerta. El residuo de esa descomposición llamada humus ayuda para la retención de agua y los nutrientes de las plantas.

La porción líquida, llamada solución del suelo, está formada por agua que contiene cantidades variables de minerales en solución como O_2 y CO_2 .

La porción gaseosa del suelo es importante para el crecimiento de las plantas. En suelos mal drenados, el agua reemplaza al aire, privando tanto a las raíces como a ciertos microorganismos aeróbicos del oxígeno necesario para su

metabolismo (15).

2.7.3.2. Arena

En propagación de plantas, generalmente se emplea arena de cuarzo, que es en forma predominante un complejo de silice.

La arena de grado más satisfactorio para el enraizamiento de estacas es la que se usa en albañilería.

La arena es el medio más usado de los medios para enraizamiento; virtualmente no contiene nutrientes minerales y no tiene capacidad amortiguadora. El tipo de arena más conveniente es la arena con diferentes tamaños de partículas para una mejor infiltración y drenaje del agua de riego (15).

2.7.3.3. Aserrín

Este material es un subproducto de los aserraderos y pueden ser de abeto y pino; debido a que estas especies no presentan inhibidor de la germinación se les puede usar en mezclas con suelos, sirviendo para el mismo objeto que el musgo turboso (15). Las maderas rojas, generalmente contienen taninos que son inhibidores para la germinación (21).

2.7.3.4. Mezclas de suelo

Para obtener mezclas de suelo de mejor textura, se añade

areana a la tierra y algo de materia orgánica en forma de musgo turboso, viruta de madera o corteza desmenuzada. Esta mezcla de suelo debe hacerse cuando menos un día antes al que vaya a usarse; en las 24 horas siguientes la humedad tenderá a uniformizarse en la mezcla (15).

2.8. Producción de plántulas bajo techo

La producción de plántulas bajo techo, es un método importante en la propagación de plantas. Las semillas se siembran en un medio de germinación especial y las plántulas se transfieren a macetas, charolas o camas especiales, y después se trasplantan al lugar definitivo. También la semilla se puede sembrar directamente en macetas u otros recipientes. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, se usa esta técnica, para iniciar plantas para trasplantar después a lugares definitivos a la intemperie. Se usa para la producción en vivero de árboles y arbustos. Iniciar las semillas bajo techo para cultivo a la intemperie, puede permitir al propagador obtener porcentajes de germinación mayores debido a que pueden controlarse las condiciones ambientales y reducir pérdidas por enfermedades, insectos y otras condiciones adversas (15, 27). La siembra en germinadores se usa para influir en la semilla, de tal manera que se obtenga un porcentaje alto de germinación. Consta de camas o cajas llenas de arena o bien en su defecto otro sustrato que proporcione

las condiciones adecuadas para la germinación. La fertilidad de los sustratos utilizados no es muy importante, porque la plantita recién germinada vive de las reservas de los cotiledones. El día antes de la siembra se aplica un riego, para un acomodamiento del sustrato; inmediatamente después de la siembra se riega otra vez, para asegurar un buen contacto de la semilla con el medio (19).

3. MATERIALES Y METODOS *

3.1. Localización del experimento

El experimento se instaló en el propagador ubicado en la parte sur-este de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, localizándose geográficamente a 13°17'59" LN y 89°5'48" LW y a una altura de 700 msnm (10).

3.1.1. Características climáticas

Las características climáticas del lugar se detallan como sigue :

- Temperatura promedio anual : 23 °C
- Humedad relativa promedio anual : 73 %
- Precipitación pluvial anual media : 1794 mm (10)

3.1.2. Características microclimáticas

Las características de microclima existentes dentro del propagador son las siguientes:

- Humedad relativa media diurna : 50 %
 - Humedad relativa nocturna : 90 %
 - Temperatura media diurna : 34 °C
 - Temperatura media nocturna : 20 °C
- (Medidos en el Higrotermógrafo).

3.2. Metodología de campo

La metodología se realizó siguiendo las actividades que se describen a continuación :

3.2.1. Recolección y preparación de sustratos

Esta fase se realizó con la obtención de los diferentes sustratos, algunos de los cuales se obtuvieron de fábricas que procesan y/o manejan dichos subproductos (aserraderos, molinos), y otros se recolectaron del lugar de origen (ríos).

Los sustratos en estudio son :

- 1) Aserrín
- 2) Materia orgánica
- 3) Arena de río
- 4) Granza de arroz
- 5) Mezcla de aserrín + materia orgánica 1:1
- 6) Mezcla de arena + suelo 1:1

3.2.2. Características de los sustratos

3.2.2.1. Aserrín

Es un sustrato liviano, de textura suave lo que permite una fácil penetración y desarrollo de la raíz sin que sufra daño alguno. Por ser de origen orgánico mantiene buena hu-

medad y temperatura. Es estéril y libre de patógenos y facilita el repique de las plántulas

Este medio se obtuvo de madera de pino en su totalidad pues el aserradero procesa sólo madera de pino, pues se menciona que el aserrín de pino y abeto no presentan taninos que son inhibidores de la germinación

A todos los sustratos se les tomó el pH en el potenciómetro de la Unidad de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas, es así como este sustrato presentó un pH de 5.5.

3.2.2.2. Materia orgánica

La materia orgánica descompuesta es un sustrato que su textura suave permite una fácil penetración de raíces y por poseer una estructura bastante desordenada, permite la ventilación y aereación interna del sustrato. Es un medio que absorbe con mucha facilidad el agua de riego, manteniendo buena humedad para germinación de semillas. También facilita el repique de plántulas; fácil de obtener y resulta un medio bastante económico, que proporciona ciertos nutrientes a la planta. Posee un pH de 6.0.

Este sustrato se obtuvo de una abonera de 1 año de elaboración la cual contenía residuos de hojarasca, tierra negra, estiércol; presentando una muy buena descomposición.

3.2.2.3. Arena de río *

Es un medio que debido al tamaño de sus partículas permite la cohesión de las mismas, permitiendo una infiltración lenta del agua, lo que ayuda a que la humedad permanezca por mayor tiempo en el sustrato.

Es un sustrato de fácil obtención, y barato, presenta la característica de que no endurece al agregarle agua, por lo tanto, presenta buenas condiciones para la emergencia y desarrollo de las plántulas, también facilita el repique de las mismas. Este sustrato es obtenido en su totalidad de arena de río para albañilería, y presenta un pH de 6.4

3.2.2.4. Granza de arroz

La granza de arroz presenta buenas condiciones para la germinación, por lo tanto es utilizado como un sustrato que sustituye a la arena y al suelo.

Presenta características de ser liviana, facilita la manipulación y permite una fácil penetración de las raíces. Por su desuniformidad y acomodamiento irregular que adquiere, hace que presente buena aireación y drenaje. También presenta la ventaja de no descomponerse durante el período de germinación. Usualmente está libre de semillas de patógenos y malezas, pero además se le aplicó un tratamiento desinfectante a base de calor. Presenta un pH de 5.9

3.2.2.5. Mezcla de aserrín + materia orgánica 1:1

Esta mezcla como un sustrato de germinación presenta las características de poseer una buena infiltración del agua y permanece por más tiempo la humedad en el medio. Presenta una textura suave al tacto lo cual no daña la radícula en su penetración y facilita el trasplante de las plántulas.

Presenta buena aereación pues en su acomodamiento en el medio deja espacios entre sus partículas. Es un sustrato barato y fácil de obtener. La mezcla presentó un pH de 6.0. La influencia del pH en el sustrato es porque un pH relativamente ácido, evita la proliferación de hongos y bacterias causantes del "mal de semillero".

3.2.2.6. Mezcla de arena + suelo 1:1

Generalmente los sustratos usados como medios de germinación están basados en mezclas de arena-tierra, prefiriéndose de una textura franco-arenosa, es un sustrato que tiene una infiltración lenta, lo que permite una sobresaturación de los espacios porosos, el drenaje es reducido debido a la compactación de las partículas del medio, lo que ocasiona que el medio se endurezca afectando la germinación y eventualmente también afecta el repique de las plántulas. El sustrato mantiene un pH de 6.2.

3.2.3. Recolección de semilla ✖

A través del Centro de Desarrollo Forestal (CEDEFOR), se obtuvo las semillas de Bálsamo y Caoba; en tanto la especie funera se obtuvo a través de recolección del lugar de origen.

3.2.3.1. Fase de semillero

Se sembraron las semillas en los sustratos los cuales fueron tamizados a modo que sus partículas quedaran uniformes, a excepción de la granza y el aserrín, por considerarlos homogéneos en su estructura y textura que presentaban al momento de su recolección.

Después de uniformizar los sustratos, se procedió a la mezcla de los materiales arena más suelo para la formación de un sustrato individual, esta mezcla se hizo en una proporción de 1:1, lo mismo se hizo con aserrín y materia orgánica para la formación de otro sustrato, también en una relación de 1:1, y con esto se obtuvo el número de sustratos requeridos para el trabajo.

Para la ejecución del trabajo, los sustratos previamente desinfectados con Dazomet líquido a razón de 10 cc, por galón de agua, el cual se aplicó sobre los sustratos y se dejó un período de espera de 10 días.

Al sustrato a base de granza de arroz se le dió un tratamiento desinfectante a base de calor; para la evaluación de

los diferentes sustratos, se utilizaron cajas de Durapax con las siguientes dimensiones: largo: 38,9 cm, ancho, 32,1 cm; y de alto 12,8 cm; previamente desinfectadas con una solución detergente comercial e hipoclorito de sodio al 5%, para erradicar fuentes contaminantes y luego se lavaron con abundante agua; luego se procedió al llenado de las cajas de un material a base de gravillón hasta una altura de 2.4 cm, ésto para proporcionar un buen drenaje y aereación del medio; inmediatamente después fueron completadas con el sustrato respectivo hasta una altura de 10.5 cm.

Una vez que los sustratos fueron colocados en sus respectivos recipientes fueron desinfectados con agua hirviendo, para destruir fuentes patógenos y semillas de malezas.

La semilla de las tres especies en estudio se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio 10% por 10 minutos, para evitar cualquier material extraño, también se determinaron las semillas vanas por flotación al momento que fueron desinfectadas, éstas se eliminaron, finalmente se lavaron varias veces con abundante agua.

3.3 Instalación del experimento

Siembra : La siembra se efectuó humedeciendo previamente el sustrato, la semilla se depositó a una profundidad de dos veces su diámetro, para cada especie estudiada.

Los distanciamientos de siembra utilizados en las espe-

cies de Myroxilon balsamun var. pereirae y Swietenia humilis fueron de 5 cm, entre surco y 2 cm entre semilla, con lo que se sembró un total de 50 semillas por tratamiento (cajas de durapax). Para la especie Dalbergia funera se utilizó un total de 20 semillas por tratamiento distribuidas en distanciamiento de 8 cm entre surco y 5 cm entre semillas.

Para cada especie forestal estudiada se utilizaron seis tratamientos (sustratos) y tres repeticiones para cada uno, los cuales se distribuyeron al azar al momento de instalar el experimento.

La evaluación de los sustratos consistió en obtener al menos uno donde el porcentaje de semillas germinadas fuera el mayor en comparación a los demás.

Riegos : Los riegos se aplicaron desde la siembra y luego a intervalos de dos días entre cada riego, tratando de evitar el sobrehumedecimiento.

3.4. Metodología estadística

3.4.1. Diseño Estadístico

El diseño estadístico empleado fue el completamente al azar, con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Además se realizaron pruebas de Duncan para evaluar la eficiencia de los tratamientos por especie forestal estudiada.

3.4.2. Factores en estudio

Los factores en estudio fueron los diferentes tratamientos (sustratos), como también las diferentes especies.

3.4.3. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de germinación, tiempo de germinación (rapidez) y uniformidad.

El porcentaje de germinación se define como el número de semillas germinadas en relación al número de semillas sembradas multiplicada por 100.

El tiempo de germinación es el período transcurrido desde la fecha de siembra, hasta que la semilla comienza a germinar y la uniformidad se puede medir tomando los días transcurridos desde que se inicia la germinación, hasta que se estabiliza (1).

Estos parámetros se analizaron a través de cuadros y gráficos para obtener conclusiones.

3.4.4. Toma de datos

En la toma de datos se consideró como parámetro para medir la germinación, la emergencia de las plántulas (hipocótilo), por no saber el momento exacto en que las semillas

inician la germinación, por encontrarse bajo la superficie del sustrato.

Se tomaron datos todos los días anotando el número de semillas germinadas por repetición en un formulario para cada especie (Anexo 8).

3.4.5. Modelo estadístico

El modelo estadístico responde a la siguiente fórmula :

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

En donde : Y_{ij} = Característica bajo estudio observado en la parcela "j" y donde se aplicó el tratamiento i.

M = Media experimental

T_i = Efecto del tratamiento i

E_{ij} = Error experimental de la parcela (ij).

i = 1, 2 a = Número de tratamientos

j = 1, 2 r = Número de repeticiones de cada tratamiento.

4. RESULTADOS

El comportamiento de la germinación de las especies en estudio puede visualizarse en los Cuadros 1 al 3, así mismo las Figuras de la 1 a la 6 muestran los porcentajes de germinación, la rapidez y la tendencia en la uniformidad de la germinación final.

4.1. Swietenia humilis (Zucc).

En el Cuadro 1 se detallan los datos de la germinación de la especie Swietenia humilis, puede verse que el sustrato que presentó el mayor porcentaje de germinación fue el aserrín -- (S₅), el cual alcanzó un 75.36 % , a los 29 días, (Fig. 1), iniciándose la germinación a los 13 días de la siembra; el - tratamiento aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄), con un 74% alcanzado a los 28 días, (Fig.1), iniciándose la germinación los 10 días de la siembra; el tratamiento granza (S₆), alcanzó un 66.65 % a los 35 días manteniéndose uniforme hasta que se realizó el trasplante; la germinación inició a los 13 días (Fig. 1).

Por último se encuentran los tratamientos materia orgánica - (S₁), arena fina (S₂), y el testigo (S₃); presentado una -- germinación con porcentajes de 32.01%, 39, 99, y 37,34% respectivamente; alcanzados a los 22 , 21 y 22 días de la siembra. (Fig. 1).

La rapidez en la germinación se observa en el Cuadro 1 y Figura 1, la emergencia comenzó a los 10 días en tres tratamientos: materia orgánica (S₁), el testigo (S₃), y en la mezcla aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄), iniciándose con un 3,33%, 0,67% y 3,33% respectivamente.

En el tratamiento arena fina (S₂), la germinación comenzó a los 11 días con un 1,33%; los tratamientos aserrín y granza la germinación inicial fue de 2,67% y 2,00% a los 13 días después de la siembra. En cuanto a uniformidad en la germinación el tratamiento mejor fue la materia orgánica (S₁), alcanzando la estabilidad a los 22 días, seguido de los tratamientos arena fina (S₂), el testigo (S₃), y el tratamiento aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄) los cuales alcanzaron la estabilidad a los 28, 27, 28 días respectivamente; lo que puede apreciarse en el Cuadro 1 y Figura 1.

Los porcentajes de germinación final por sustratos se observan en el Cuadro 1 y en la Figura 2.

El análisis de varianza para (Swietenia humilis), Cuadro 1.A, resultó ser altamente significativo al 1 % de probabilidad y con la prueba de Duncan Cuadro 2.A, se comprobó que los mejores tratamientos fueron los mencionados antes en el mismo orden siendo: aserrín (S₅), aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄) y granza (S₆).

Cuadro 1 . Porcentajes de germinación para Swietenia humilis, en seis tratamientos. Promedio de 3 repeticiones

Día No.	T R A T A M I E N T O S					
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
10	3.33	-	0.67	3.33	-	-
11	3.33	1.33	6.67	10.00	-	-
12	4.00	2.00	10.67	17.33	-	-
13	8.00	2.67	12.00	17.33	2.67	2.00
14	13.33	9.34	13.33	25.33	6.67	2.00
15	16.66	10.67	18.00	32.66	9.34	5.33
16	21.33	10.67	22.00	35.99	19.34	6.66
17	24.00	18.00	26.67	42.66	22.01	7.99
18	27.33	18.00	28.67	47.33	29.34	10.66
19	28.00	18.00	31.34	53.33	36.01	11.33
20	30.67	23.33	32.01	55.33	36.01	16.66
21	31.34	28.66	32.01	58.00	40.68	19.99
22	32.01	32.66	33.34	58.00	51.35	23.32
23	32.01	32.66	33.34	62.00	51.35	29.32
24	32.01	33.99	33.34	66.00	56.02	33.32
25	32.01	36.66	34.67	66.00	62.69	33.32

Continuación Cuadro 1

Día No.	T R A T A M I E N T O S					
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
26	32.01	37.33	36.67	70.67	64.69	42.65
27	32.01	38.66	37.34	72.00	69.36	45.32
28	32.01	39.99	37.34	74.00	72.69	48.65
29	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	55.98
30	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	59.98
31	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	60.65
32	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	63.32
33	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	63.99
34	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	65.32
35	32.01	39.99	37.34	74.00	75.36	66.65

- S₁ = Materia orgánica
- S₂ = Arena fina
- S₃ = Testigo (arena-suelo 1:1)
- S₄ = Aserrín + materia orgánica (1:1)
- S₅ = Aserrín
- S₆ = Granza

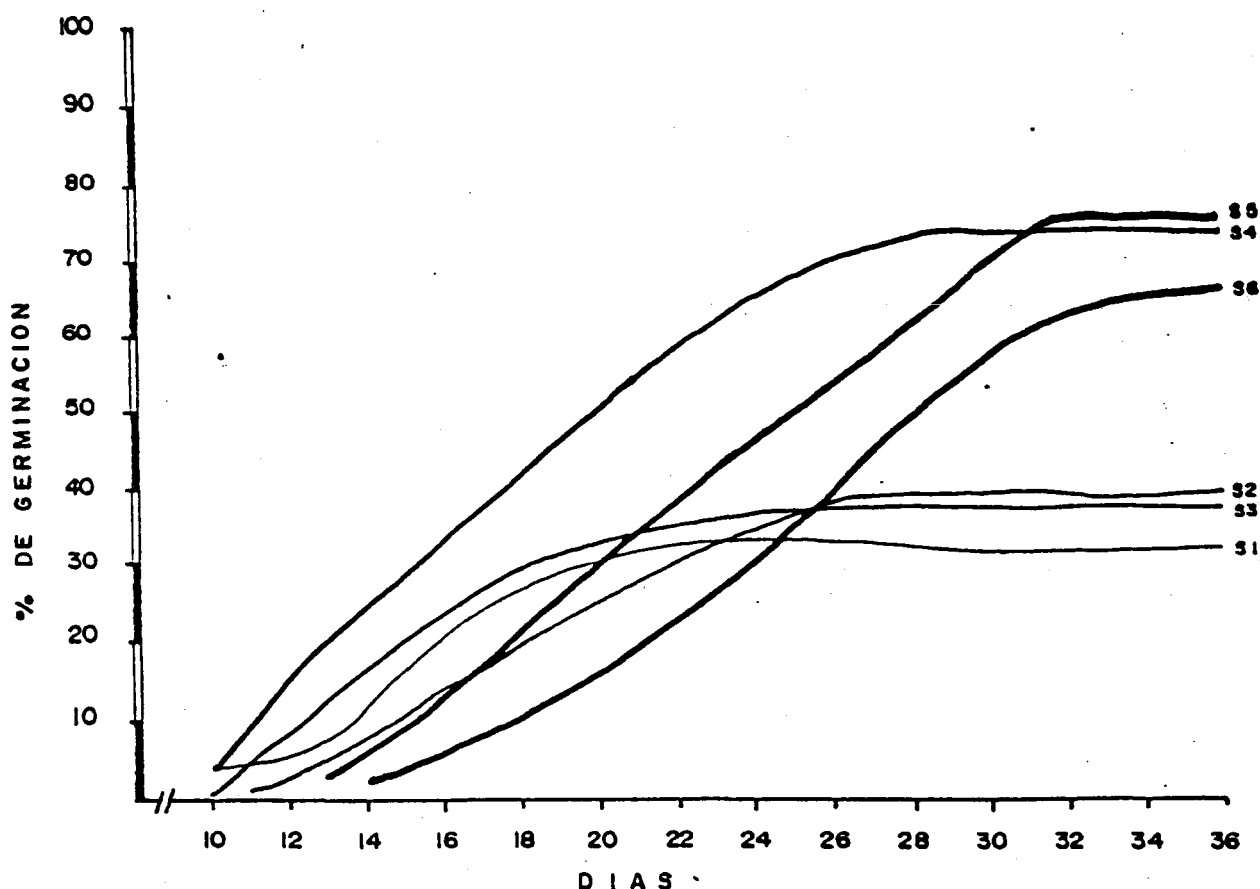


Fig. 1- Porcentajes de germinación en semillas de Swietenia humilis, sembradas en diferentes sustratos; evaluadas durante 35 días. S₁= materia orgánica 32.01%; - S₂= arena fina 39.99%; S₃= Testigo 47.34%; S₄= aserrín + Materia Orgánica 1:1 74.00%; S₅= aserrín -- 75.36%; S₆= Granza 66.65%.

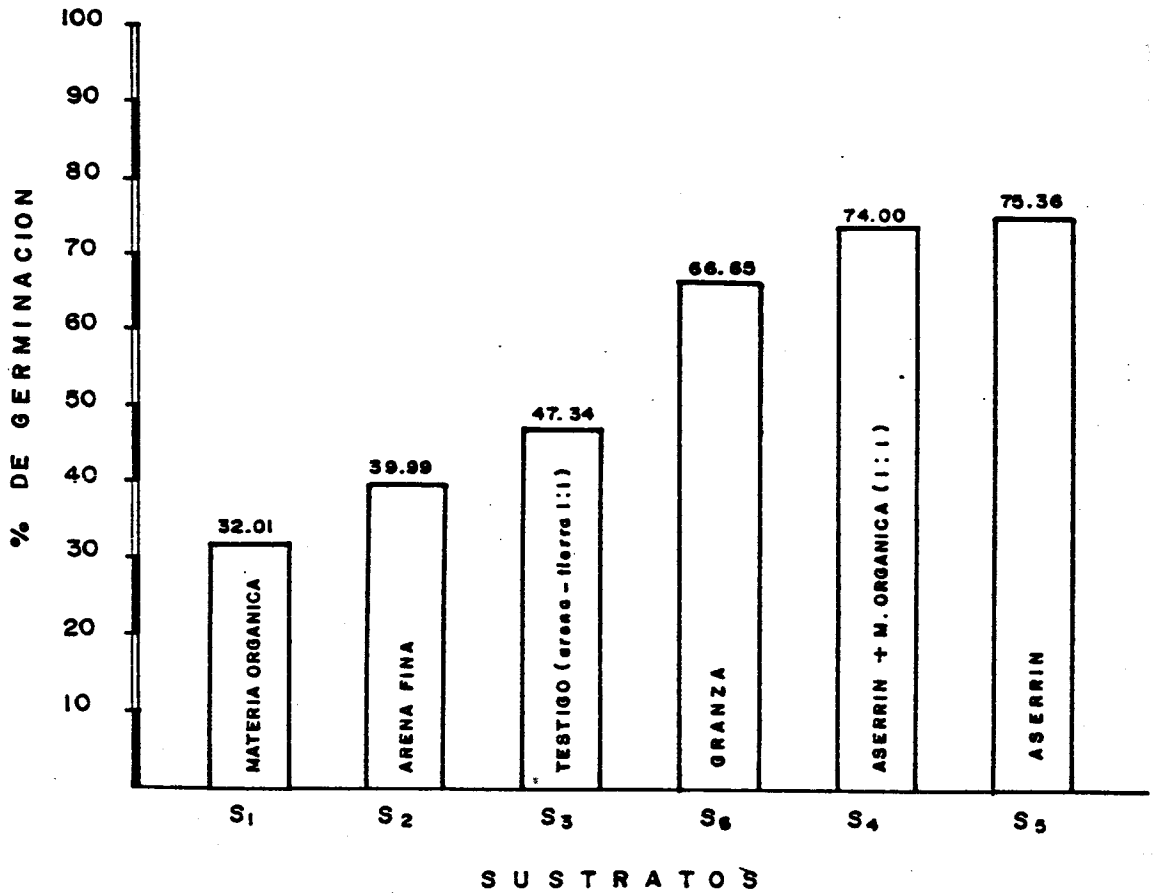


Fig. 2. Porcentajes de Germinación de la especie Swietenia humilis en un período de 35 días. (10 día después de la siembra).

4.2. Myroxilon balsamun var. pereirae (L) *

Los datos de germinación diaria de la especie Myroxilon balsamun var pereirae, se encuentran en el Cuadro 2, y en las Figuras 3 y 4 se observan los tratamientos que alcanzaron mayores porcentajes de germinación, siendo el tratamiento aserrín. (S₅) donde se registró el mayor porcentaje que es de 50,02%, seguido de los tratamientos : aserrín + materia orgánica y granza (S₄ y S₆) con iguales porcentajes del 43,34%, Fig. 3, alcanzando estos valores a los 58 días de la siembra.

El orden del resto de tratamientos fue materia orgánica (S₁), con un 29,34%, arena fina (S₂) con un 16,0% y el testigo (S₃) que obtuvo un 15,33%, alcanzándose a los 54 días para S₁ y S₂ mientras el testigo (S₃) a los 57 días. Fig. 3.

En todos los tratamientos la emergencia fue muy variable, con distintos porcentajes de semillas germinadas (Cuadro 2 y Figura 3), observándose un bajo porcentaje de germinación inicial.

La uniformidad en la germinación fue mejor en los tratamientos de materia orgánica y arena fina (S₁ y S₂), estableciéndose la misma a los 54 días después de la siembra; lo cual puede observarse en el Cuadro 2 y Figura 3.

El comportamiento de germinación final se observa en la Figura 4, notándose el mayor porcentaje en el sustrato de aserrín (S₅).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación para la especie Myroxilon balsamun var. pereirae en seis tratamientos. S₁= materia orgánica; S₂= arena fina; S₃= Testigo (arena-suelo 1:1); S₄ = aserrín + materia orgánica (1:1); S₅= aserrín; S₆= Granza. Promedio de -- tres repeticiones.

Día No.	T R A T A M I E N T O S					
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
30	-	-	-	-	1.33	0.67
31	-	-	-	-	2.00	1.34
32	-	0.67	-	0.67	2.67	1.34
33	-	0.67	-	3.34	3.34	1.34
34	2.00	2.00	-	4.01	6.01	3.34
35	2.00	2.00	-	4.01	6.01	3.34
36	6.00	3.33	1.33	8.01	8.01	4.67
37	7.33	4.00	1.33	10.01	8.68	6.67
38	7.33	4.00	1.33	10.01	8.68	6.67
39	8.66	4.67	1.33	10.01	10.68	9.34
40	12.66	6.00	3.33	12.01	14.01	12.01
41	12.66	8.00	3.33	12.01	16.68	12.01
42	12.66	8.00	3.33	17.34	16.68	12.01
43	14.66	8.00	6.66	17.34	18.68	14.01

Día No.	T R A T A M I E N T O S					
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
44	17.33	10.67	6.66	17.34	20.68	15.34
45	17.33	10.67	6.66	17.34	20.68	15.34
46	19.33	10.67	9.33	21.34	24.68	19.34
47	20.00	10.67	9.33	21.34	25.35	19.34
48	22.00	10.67	10.66	21.34	25.35	19.34
49	22.00	10.67	10.66	21.34	25.35	19.34
50	24.67	10.67	11.99	27.34	32.02	23.34
51	24.67	10.67	11.99	32.01	34.02	24.67
52	27.34	14.00	13.32	34.01	34.69	27.34
53	27.34	14.00	13.99	36.01	38.02	30.01
54	29.34	16.00	13.99	38.68	40.02	36.01
55	29.34	16.00	14.66	38.68	42.02	36.01
56	29.34	16.00	14.66	38.68	42.02	36.01
57	29.34	16.00	15.33	42.01	47.35	40.01
58	29.34	16.00	15.33	43.34	50.02	43.34
59	29.34	16.00	15.33	43.34	50.02	43.34
60	29.34	16.00	15.33	43.34	50.02	43.34

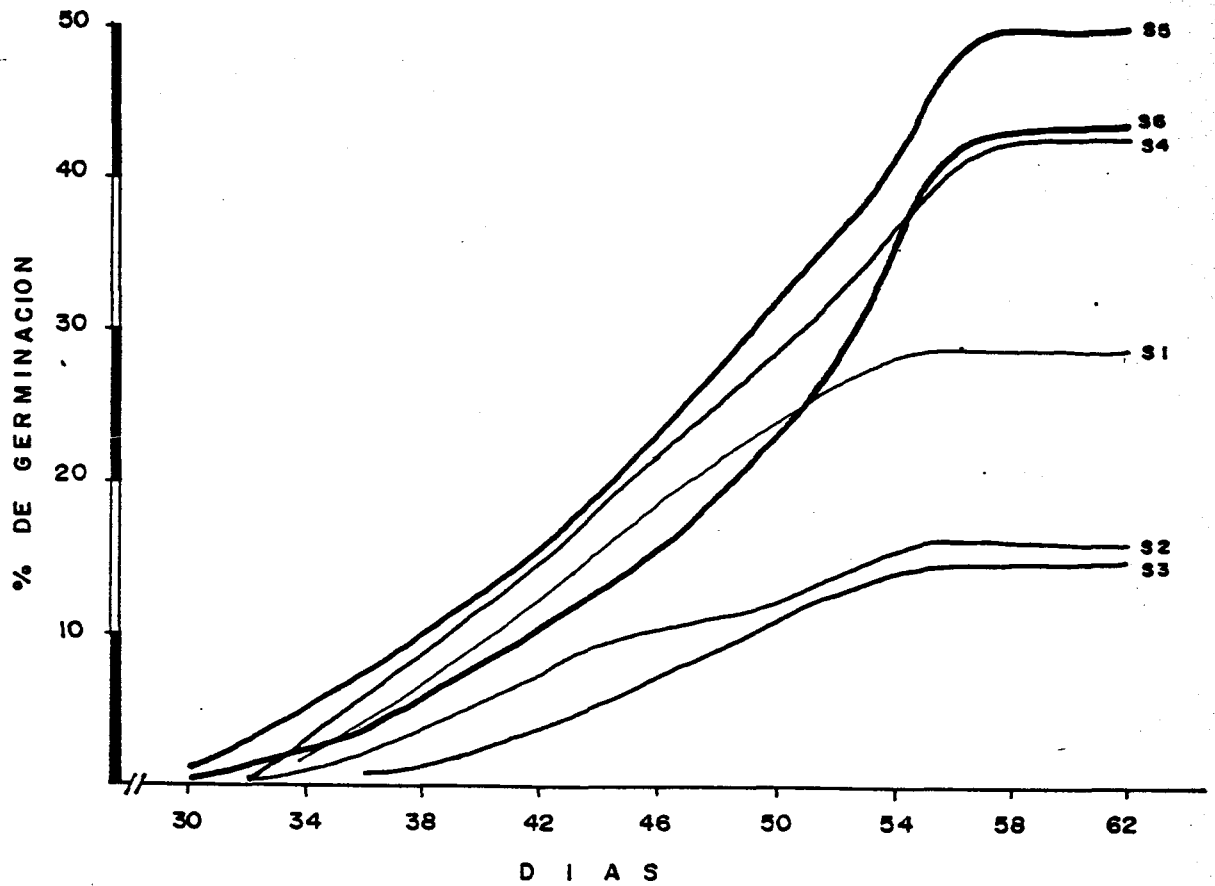


Fig. 3 - Porcentajes de germinación en semillas de Myroxilon balsamun var pereirae sembradas en diferentes sustratos; evaluados durante 60 días. S₁ = materia orgánica 29.34%; S₂ = arena fina 16.00%; S₃ = testigo 15.33%; S₄ = aserrín más materia orgánica 1:1 43.34%; S₅ = aserrín 50.07% y S₆ = granza 43.34%.

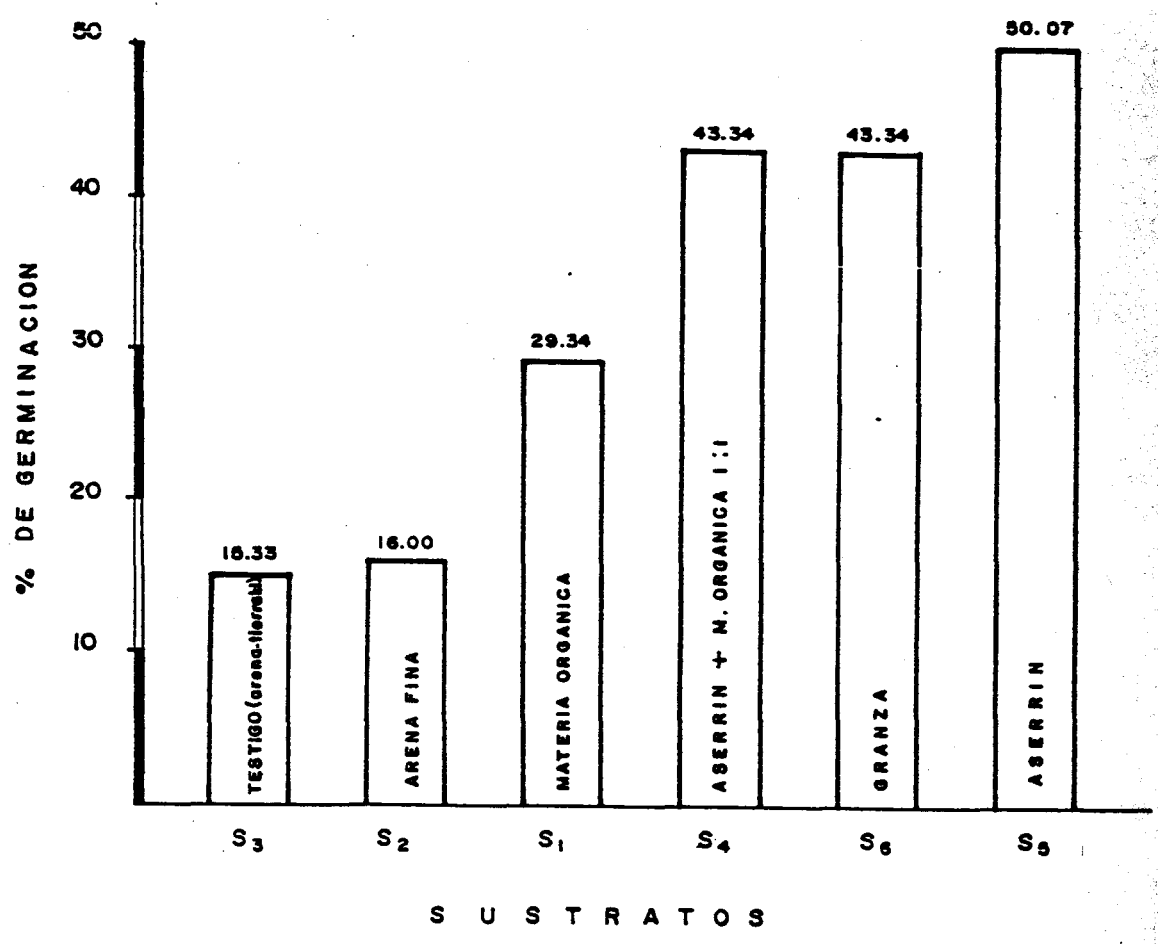


Fig. 4.- Porcentajes de germinación de la especie Myroxilon balsamun var. pereirae, en un período de 60 días. (30 días después de la siembra.)

El análisis de varianza para la especie Myroxilon balsamun var. pereirae (Cuadro 3.A) es altamente significativo al 1% de probabilidad, lo cual indica que entre los tratamientos existe al menos uno distinto del resto; con la prueba de Duncan (Cuadro 4.A), se comprobó que el tratamiento mejor fue el aserrín (S₅).

4.3. Dalbergia funera (Standl).

Para esta especie los porcentajes de germinación con respecto al tiempo se encuentran en el Cuadro 3. En la Figura 5 se encuentra la representación gráfica de los resultados obtenidos. Los tratamientos que alcanzaron los porcentajes de germinación más altos fueron en su orden: Aserrín (S₅) 66.67%, granza (S₆): 61.68% y aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄), con 54.99%, dichos porcentajes fueron alcanzados a los 16 días para el primer tratamiento y a los 17 días para los dos últimos. Fig. 5.

La rapidez en la germinación se visualiza en el Cuadro 3 y en la Figura 5, la emergencia comenzó a los 5 días en el tratamiento de materia orgánica. Los tratamientos restantes iniciaron su emergencia a los 6 días de siembra.

La uniformidad fue alcanzada primero en el tratamiento de materia orgánica (S₁), la cual alcanzó a los 12 días; luego el tratamiento de arena fina (S₂) y el de arena-suelo 1:1 (S₃).

La estabilidad fue alcanzada a los 14 días en los tratamientos S₂ y S₃ , lo que visualiza en el Cuadro 3 y Figura 5.

El comportamiento de la germinación final para la especie Dalbergia funera se representa en la Figura 6, donde se aprecia que el mejor sustrato es el aserrín (S₅) con un 66.67%, seguido por la granza (S₆), con un 61.68%, y finalmente se tiene el tratamiento a base de aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄), con un 54.99%.

El análisis de varianza (Cuadro 5.A), resultó ser significativo al 5% de probabilidad y la prueba de Duncan (Cuadro 6.A), reveló que el mejor sustrato es el aserrín.

Cuadro 3 . Porcentajes de germinación para Dalbergia fune-
ra, en seis tratamientos.
Promedio de tres repeticiones.

Día No.	TRATAMIENTOS					
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
5	1.67	-	-	-	-	-
6	3.34	8.33	21.67	3.33	1.67	10.00
7	6.67	15.00	26.67	8.33	21.67	10.00
8	6.67	15.00	26.67	8.33	21.67	10.00
9	6.67	15.00	26.67	8.33	21.67	30.00
10	15.00	23.33	30.00	41.66	48.34	30.00
11	15.00	23.33	30.00	41.66	48.34	41.67
12	20.00	25.00	33.33	46.66	55.01	43.34
13	20.00	28.33	33.33	48.33	56.68	56.67
14	20.00	31.66	35.00	51.66	60.01	56.67
15	20.00	31.66	35.00	51.66	60.01	56.67
16	20.00	31.66	35.00	51.66	60.01	66.67
17	20.00	31.66	35.00	54.99	61.68	66.67

S₁ = Materia orgánica

S₅ = Aserrín

S₂ = Arena fina

S₆ = Granza

S₃ = Testigo (arena-suelo 1:1).

S₄ = Aserrín + M. orgánica (1:1)

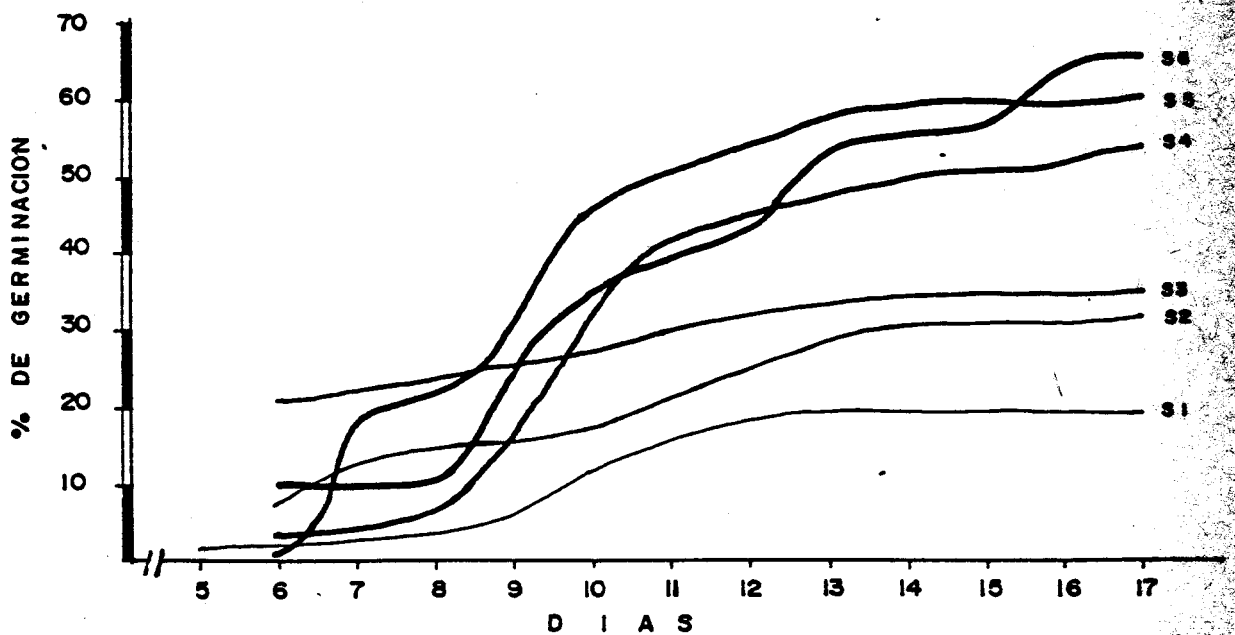


Fig. 5 - Porcentajes de germinación en semillas de Dalbergia funera, sembradas en diferentes sustratos, evaluados durante 17 días. S₁ = materia orgánica 20.00%; S₂ = arena fina 31.66% S₃ = testigo 35.00%; S₄ = aserrín + materia orgánica 54.99%; S₅ = aserrín 66.67%; y S₆ = granza 61.68%.

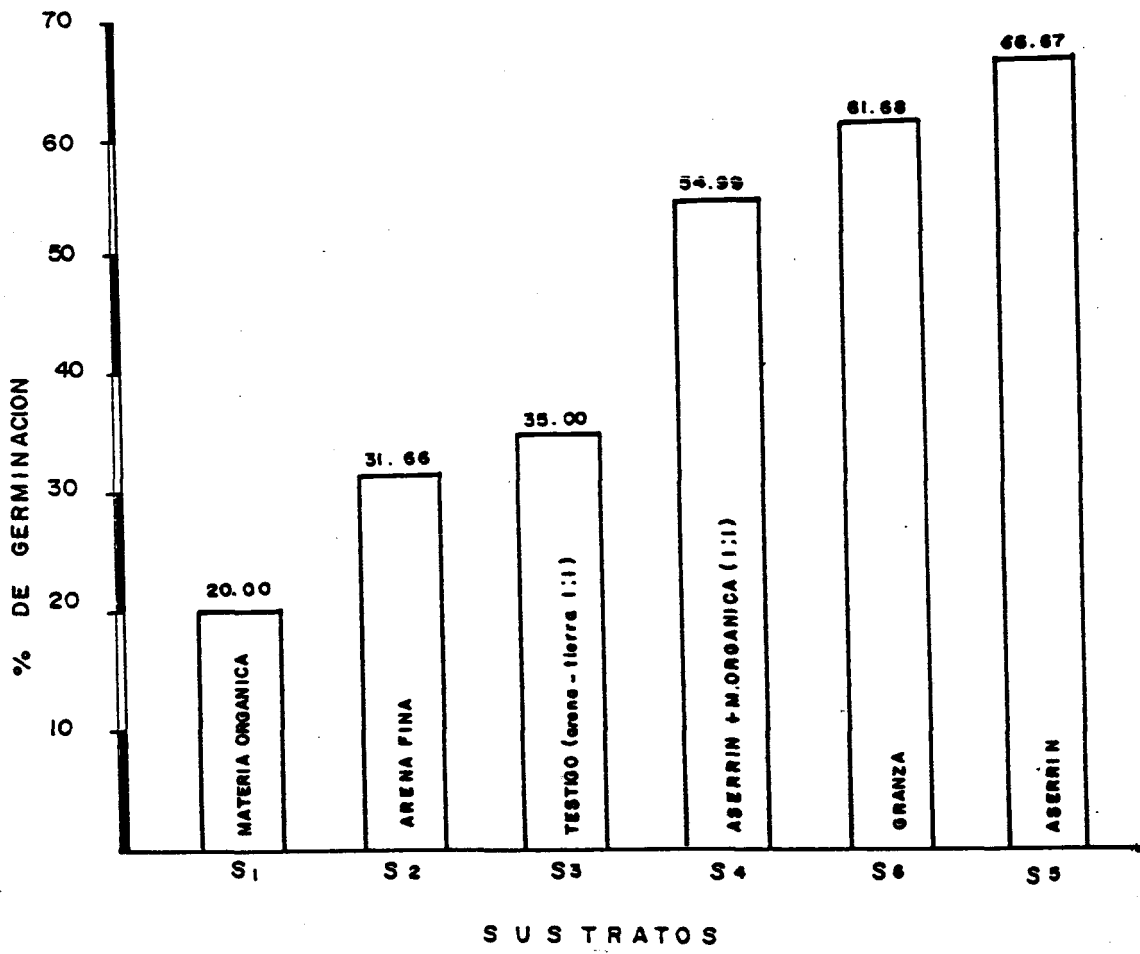


Fig. 6 - Porcentajes de germinación de la especie Dalbergia funera, en un período de 30 días. (5 días despues de la siembra).

5. DISCUSION

Los resultados del trabajo se analizaran y discutiran trantando de obtener una explicación específica de los datos de germinación de las especies en estudio, puntualizando en que los porcentajes de germinación para las especies fueron variables en los distintos tratamientos.

5.1. Swietenia humilis (Zucc).

En esta especie los mejores resultados se obtuvieron en aserrín (S_5) y aserrín + materia orgánica 1:1 (S_4), seguido por el tratamiento de granza (S_6), esto se observa en Cuadro 1 y Figuras 1 y 2. Estos tratamientos presentaron mejores condiciones para acelerar la germinación y uniformizarla; debido a que estos sustratos guardan más tiempo la humedad y presentan buen drenaje, ésto sumado a la condición de aireación de los sustratos permitió que el proceso de germinación se desarrollara más rápido y uniforme. Estos tratamientos presentan una textura suave lo cual permite que el desarrollo de la raíz no se vea obstaculizado ya que no se compactaron durante el ensayo. Los tratamientos mencionados permiten la entrada de oxígeno al medio facilitando a la semilla obtener el oxígeno necesario para que se inicie el proceso de germinación, proporcionando las condiciones necesarias de humedad y oxígeno para que inicie la respiración

del embrión y el crecimiento del mismo hasta lograr romper la testa de la semilla y emerger del medio.

Los tratamientos dondè se observó un sobrehumedecimiento es: materia orgánica (S_1), arena fina (S_2), y el testigo (S_3), debido a que estos sustratos presentan un tamaño de partículas muy pequeño dejando un reducido contenido de espacios porosos en el medio, esto ocasionó una compactación del medio, dificultando la infiltración y luego el drenaje pues el agua permanece por mucho tiempo en el sustrato originando la descomposición de la semilla por el excesivo ablandamiento de los tejidos de reserva.

Esto influyó en el bajo porcentaje de germinación de Swietenia humilis, con lo que se afirma que estos sustratos no presentaron las condiciones necesarias para la germinación de semillas.

5.2. Myroxilon balsamun var pereirae (L.) *

Los mejores resultados para esta especie se obtuvieron en los sustratos : aserrín (S_5); donde se produjo el meyor porcentaje de la germinación (50.07%), como se observa en la Figura 3 y 4; también los sustratos representados por la mezcla de aserrín + materia orgánica 1:1, y la granza (S_4 y S_6) se encuentran con que su porcentaje es bueno, en éstos se reportan resultados similares en porcentajes de germinación (Cuadro 2 y Figura 3 y 4); la materia orgánica (S_1)

alcanzó un porcentaje relativamente aceptable en comparación a los anteriores sustratos, con un valor de 29.34% Fig. 4. En los tratamientos de arena fina y el testigo (S_2 y S_3), se presentó un bajo índice en el porcentaje de germinación, debido a que en estos sustratos la aireación y el drenaje fueron obstáculo para el normal desarrollo de la germinación, lo que se aprecia en la reducción de los espacios porosos del medio, pues éstos se compactaron y dañó en buena medida la germinación porque; primero causó la descomposición de la semilla de Myroxilon balsamun var pereirae, y segundo, porque semillas que lograban germinar no lograban salir a la superficie del sustrato, causando con esto un ahogamiento de las plantitas por ende una reducción en el porcentaje de germinación, lo que ocasionó que estos sustratos no presenten buena cantidad de espacios (poros) en el interior es porque fueron homogenizados a través de un cedazo No. 36, el cual los deja bien homogenizados y con partículas de diámetro muy fino, obteniéndose un sustrato de textura suave pero pesado, que cuando fueron humedecidos la infiltración fue lenta lo que afectó directamente el drenaje y la germinación de las semillas pues la demasiada humedad les causó su descomposición.

Según Flinta (11), los ensayos de germinación en forestales que se han hecho sobre tierra o mezclas de tierra y arena, generalmente da un porcentaje de germinación más bajo. También es de mencionar que las características de la

semilla ejerzan un efecto negativo para la germinación, pues la capa de resina que presenta la semilla entre la testa y la cubierta del cotiledón dificulta la entrada del agua y oxígeno necesario para activar el embrión y provocar la germinación de la semilla, pues la consistencia gomosa de la resina bloquea la circulación de agua y oxígeno.

5.3. Dalbergia funera (Standl).

En esta especie los resultados obtenidos reflejan una tendencia similar a los obtenidos en las dos especies anteriores, así el sustrato en que se reportó el mejor porcentaje de germinación es el aserrín (S_5) con un 66.67%, Fig. 5 y 6, y los sustratos que presentan una germinación aceptable son la granza (S_6), y la mezcla de aserrín + materia orgánica 1:1 (S_4), éstos obtuvieron el 61.68% y 54.99% de germinación respectivamente; lo que se visualiza en el Cuadro 3 y Figuras 5 y 6, donde se observa el comportamiento de la especie Dalbergia funera.

Estos sustratos así como en las especies anteriores presentaron las mejores condiciones de germinación, presentando un buen drenaje facilitando, la ventilación del medio para proporcionar a la semilla las condiciones adecuadas de germinación. En los sustratos restantes la germinación no es aceptable debido a las características de éstos de presentar una deficiente infiltración del agua de riego causando un sobrehumedecimiento lo que causó

la descomposición de semillas de (Dalbergia funera), esto se refleja en los resultados obtenidos para cada uno, los que se detallan como sigue: materia orgánica (S_1): 20.00%, arena fina : 31.66%, y el testigo con un 35.00% de germinación, estos datos reflejan que estos sustratos no presentan condiciones adecuadas para la germinación; ésto se analiza en el Cuadro 3 y Figuras 5 y 6.

El tiempo en alcanzar el máximo de germinación fue relativamente corto por presentar esta especie una semilla pequeña y de testa delgada que no oponía resistencia a la salida del embrión y el proceso de germinación se realizaba con bastante rapidez.

6. CONCLUSIONES

- 1.- Para las tres especies estudiada el mejor sustrato fue el aserrín (S₅).
- 2.- Para la especie Swietenia humilis la germinación alcanzó un porcentaje alto en aserrín (S₅), y en aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄).
- 3.- En general los tratamientos que presentaron los mejores resultados en el ensayo fueron: aserrín (S₅), aserrín + materia orgánica 1:1 (S₄) y la granza de arroz (S₆); presentando las características deseables para la germinación.
- 4.- La materia orgánica como sustrato no presentó buenas condiciones de germinación en las especies estudiadas.
- 5.- El tratamiento a base de arena fina presentó un déficit en la infiltración del agua, así como el testigo, permaneciendo por mucho tiempo el agua sobre el sustrato.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización del sustrato a base de aserrín, para futuros ensayos de propagación de plantas por presentar los mejores resultados del trabajo.
2. Se recomienda la utilización de aserrín en mezcla con materia orgánica por presentar condiciones favorables para la germinación, observando una aceleración en la germinación logrando la estabilidad en un período corto.
3. Para la especie Myroxilon balsamun var. pereirae, se recomienda hacer investigaciones tendientes a evaluar los daños que se presentaron en el ensayo por plagas: áceros y larvas de insectos.
4. Se recomienda hacer tratamiento pregerminativos físicos en la especie Myroxilon balsamun var. pereirae, para eliminar la testa, ya que al hacerlo la germinación es más rápida; lo cual deja claro que la capa de resina ejerce un efecto negativo en el proceso de la germinación, afectando el libre movimiento de agua y oxígeno al interior de la semilla.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALBERTO PEREZ, R.A.; JERONIMO DIAZ, A.F. 1989. Evaluación de métodos pregerminativos en seis especies forestales de difícil germinación. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, El Salv., Universidad de El Salvador. P. 3-13, 44-47.
2. BARTON, F.L. 1961. Control de humedad en semillas forestales para uso genético. In Mejoramiento genético de árboles forestales. (1, 1980. Caracas, Ven.). F.A.O. Memoria. Mérida, Venezuela. P. 77-78.
3. CANALES, H. 1982. Bálsamo de El Salvador. San Salvador, El Salv. Ministerio de Educación. P. 13-15.
4. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía. 1984. Especies para leña, arbustos y árboles para la producción de energía. Trad. Vera Arguello de Fernández y TTRADINSA. Turrialba, Costa Rica. CATIE. P. 70-73.
5. _____. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Turrialba, Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 86. P. 211-215.

6. CHANG, B. 1985. Selección de especies y manejo de semillas forestales. In Primer taller nacional: semillas y viveros forestales (1, 1985. San José, C.R.) ed. Fredy Rojas. Memoria. San José, C.R., CATIE-COSUDE. P. 137-138.
7. DANIEL, P.W.; HELMS, U.E.; BAKERS, F.S. 1982. Principios de Silvicultura. 2a. ed. McGraw-Hill. México. P. 375-377.
8. DEVLIN, R.M. 1970. Fisiología vegetal. Trad. Xavier Llimona Pages. Barcelona, Esp., OMEGA. P. 63, 570-573.
9. ESAU, K. 1976. Anatomía vegetal. Trad. José Pons. Rosell. ed. Barcelona, Esp.; OMEGA. P. 648-655.
10. EL SALVADOR. Dirección General de Recursos Naturales. 1988. Almanaque Meteorológico de El Salvador. San Salv., Servicio Meteorológico. P. 74-76, 80-82.
11. FLINTA, C.M. 1960. Prácticas de plantaciones forestales en América Latina. FAO; ROMA, Italia. P. 95-96, 309-311.
12. GAMBOA ARGUEDAS, M. 1985. Hacia la producción de árboles sanos. In. Primer taller nacional: semilla y viveros forestales. (1, 1985. San José, C.R.) ed. Fredy Rojas. Memoria. San José, C.R., CATIE-COSUDE. P. 195-197.

13. GORDON, A. G. 1980. Normas internacionales para las pruebas de germinación. In. Reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales (1, 1980, San Felipe-Balacar-Quintana Roo, Méx). Memoria. San Felipe, Méx., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. T. I. P. 137-139.
14. GUZMAN, D.J. 1975. Especies útiles de la flora salvadoreña. 2 ed. San Salvador, El Salv., Ministerio de Educación, Dirección de Publicaciones. P. 125, 295-296, 459.
15. HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. 1975. Propagación de plantas principios y prácticas. Trad. Antonio Merino Am brosio. México, Continental. P. 40-44, 80, 143, 201, 207.
16. HARRINGTON, T.; FRANKEL, O.; WANG, I. 1970. La viabilidad de la semilla. In. Mejora genética de árboles forestales. (1, 1980. Caracas, Ven.) F.A.O. Memoria Mérida. Venezuela. P. 79.
17. JAMES, W.O. 1967. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. Javier Llimona Pages. 6 ed. Barcelona, España. OMEGA. P. 263-268.
18. LAGOS, J.A. 1983. Compendio de botánica sistemática. 2 ed. San Salvador, El Salv., Ministerio de Educación, Dirección de Publicaciones. P. 140.

19. LEMCKERT, J.D. 1986. Instalación y manejo de viveros forestales. In. Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica. OTS-CATIE. P. 630-631, 636-637, 640.
20. LIEGEL, L.A.; VENATOR, CH.R. 1987. A technical guide for forest nursery management in the caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. 50-67. New Orleans, EE. UU., Department of Agriculture, Forest Service, Sothern Forest Experiment Station. P. 39042.
21. LITTLE, E.L. 1967. Arboles comunes de Puerto Rico y Las Islas Vírgenes. UPR. Madrid, España. P. 735-738.
22. MARTINEZ CHOTO, M.L.; DIAZ GUILLEN, M. DE J. 1987. Evaluación del efecto del sustrato de suelo-arena, más fungicidas en el porcentaje de germinación de Eucalyptus camaldulensis. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salv. Universidad Evangélica de El Salvador. P. 18-25.
23. MARTINEZ SOLANO. 1985. Efecto del sustrato sobre el porcentaje de germinación y la calidad de las plántulas de Jaul. In. Primer Taller Nacional de Semillas y Viveros Forestales (25-29 de noviembre, 1985, San José, Costa Rica). Memoria. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. P. 178-181.
24. MEDIOS DE germinación. 1968. Revista Interamericana Costa Rica. 18(4):271-273
25. _____. 1969. Revista Interamericana. Costa Rica. 19(2):271-273.

26. MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; BOHNING, R.H. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. Luis Guibert y Roberto Ritebarg. 4 ed. Buenos Aires, Arg., Editorial Universitaria. P. 560-565.
27. NAPIER, L. 1985. Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centro América. Siguatepec, Hond. Esnacifor. P. 145-158.
28. NIEMBRO ROCAS, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. México. Limusa. P. 19, 82-88.
29. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1956. Notas sobre semillas forestales. Roma, Italia. F.A.O. P. 348-350.
30. _____. 1980. Mejora genética de árboles forestales. Mérida, Venezuela. P. 80-82, 93-94.
31. ROBBINS, A.M.J. 1981. Recolección de semillas forestales. Siguatepec, Hond., Esnacifor. P. 8-9.
32. ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1972. Fisiología vegetal aplicada. México, Copyryght. P. 184-186.
33. STANLEY, P.C. 1952. Flora of Guatemala. Chicago, EE. UU., Chicago Natural History Museum. 24(5): 201-204.
34. TURNBULL, J. 1975. Germinación de semillas. In. Mejora genética de árboles forestales. (1, 1980. Caracas, Venezuela). F.A.O. Memoria. Mérida. Venezuela. P. 91-92.

35. VILLAGOMEZ AGUILAR, Y. 1978. Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero. In. Plantaciones Forestales, Primera Reunión Nacional (1, 1978, México). Memoria. Méx. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. P. 106, 112-114.
36. WANG, I. 1977. La viabilidad de la semilla. In. Mejora genética de árboles forestales. (1, 1980. Caracas, Venezuela. F.A.O. Memoria. Mérida, Venezuela. P. 90.
37. WITSBERGER, D.; ARCHER, E. 1982. Arboles del parque Deininger. San Salvador, El Salv. Dirección de Publicaciones, Ministerio de Educación. P. 190.

9. A N E X O S

Cuadro 1.A. Análisis de varianzá para totales de germinación en Swietenia humilis.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. de Tablas	
					5%	1%
Tratamientos	5	1526.4	305.28	6.38**	5.11	5.06
Error Exp.	12	574	47.8			
TOTAL	17	2100.4				

Cuadro 2.A. Prueba de Duncan para totales de germinación en Swietenia humilis, al 1% de significancia.

MEDIAS	S ₅	S ₄	S ₆	S ₂	S ₃	S ₁
	38.3	37.7	33.3	20.3	18.7	16.3
S ₁ = 16.3	22.7**	22.0**	21.4**	4.0 ^{ns}	2.4 ^{ns}	0.0
S ₃ = 18.7	20.3**	19.6**	19.0**	1.6 ^{ns}	0.0	-
S ₂ = 20.3	18.7**	18.0 ^{ns}	17.4**	0.0	-	-
S ₆ = 33.3	1.3 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.0	-	-	-
S ₄ = 37.7	0.7 ^{ns}	0.0	-	-	-	-
S ₅ = 38.8	0.0	-	-	-	-	-

Cuadro 3.A. Análisis de varianza para totales de germinación en Myroxilon balsamun var. pereirae.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. de Tablas	
					5%	1%
Tratamientos	5	800.28	160.06	12.37**	3.11	5.06
Error Exp.	12	155.33	12.94			
T O T A L	17	955.61				

Cuadro 4.A. Prueba de Duncan para totales de germinación en Myroxilon balsamun var pereirae; al 1% de significancia.

Medias de Tratamiento	S ₅	S ₄	S ₆	S ₁	S ₃	S ₂
	24.33	23.00	21.67	14.67	8.33	8.33
S ₂ = 8.33	16.00**	14.67**	13.34**	6.34 ^{ns}	0.00	-
S ₃ = 8.33	16.00**	14.67**	13.34**	6.34 ^{ns}	-	
S ₁ =14.67	9.66 ^{ns}	8.33 ^{ns}	7.00 ^{ns}	0.00		
S ₆ =21.67	2.66 ^{ns}	1.33 ^{ns}	0.00	-		
S ₄ =23.0	1.33 ^{ns}	0.00	-			
S ₅ =24.33	0.00	-				

S₅ = Aserrín
 S₄ = Aserrín + M. orgánica (1:1)
 S₆ = Granza

S₁ = M. orgánica
 S₃ = Testigo (arena- suelo 1:1)
 S₂ = Arena fina

Cuadro 5.A. Análisis de varianza para totales de germinación en Dalbergia funera .

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. Tablas	
					5%	1%
Tratamientos	5	191.1	38.22	3.46*	3.11	5.06
Error Exp.	12	132.7	11.06			
T O T A L	17	323.8				

17 Cuadro 6.A. Prueba de Duncan para totales de germinación en Dalbergia funera ; al 5% de significancia.

MEDIAS	S ₅	S ₆	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁
	13.3	12.3	11.0	7.0	6.3	4.6
S ₁ = 4.6	8.7*	7.7*	6.4*	2.4 ^{ns}	1.7 ^{ns}	0.0
S ₂ = 6.3	7.0*	6.0 ^{ns}	4.7 ^{ns}	0.7 ^{ns}	0.0	-
S ₃ = 7.0	6.3*	5.3 ^{ns}	4.0 ^{ns}	0.0	-	-
S ₄ = 11.0	2.3 ^{ns}	1.3 ^{ns}	0.0	-	-	-
S ₆ = 12.3	1.0 ^{ns}	0.0	-	-	-	-
S ₅ = 13.3	0.0	-	-	-	-	-

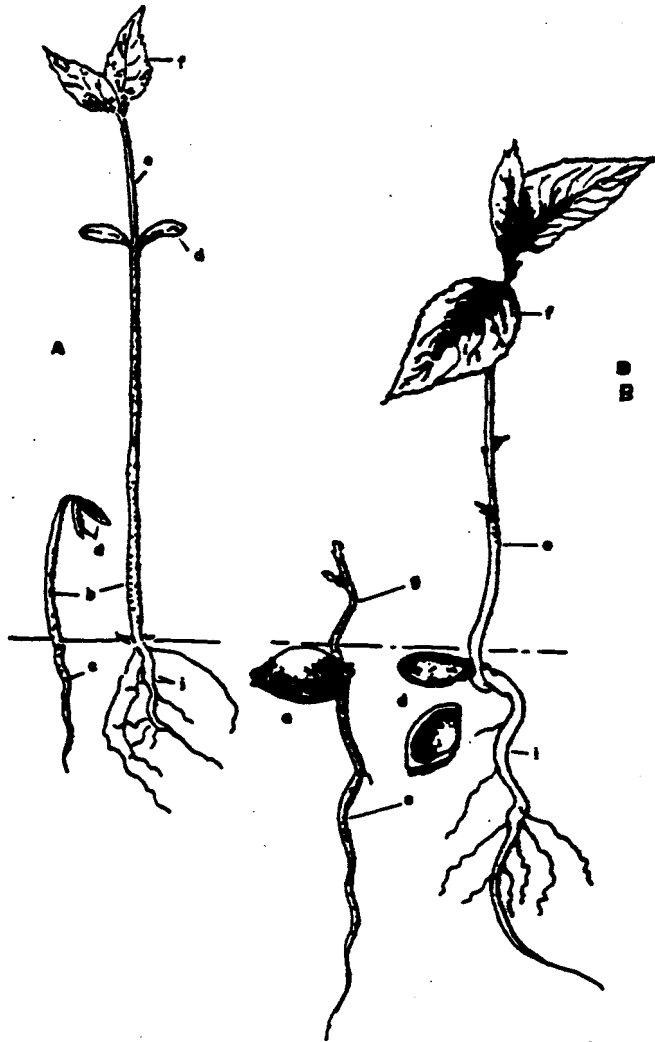


Fig. 7 . Germinación de la semilla . A: germinación epigea . B: germinación hipógea .
a, semilla ; b, hipocotilo ; c, radícula ; d, cotiledones ; e, epicotilo ; f,
hojas ; g, plúmula ; i, raíz primaria . En ambos tipos, la plúmula consta del
epicotilo y las hojas emergentes .

