



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
INGENIERIA AGRICOLA

EVALUACION DE DOS POSICIONES DE SIEMBRA DE  
SEMILLAS DE PALO DULCE *Eysenhardtia polystachya*  
EN DOS SUSTRATOS Y CUATRO PROFUNDIDADES.

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
P R E S E N T A :  
**FRANCISCO JAVIER BRAVO TELLEZ**

ASESOR: ING. AGRON. FRANCISCO CAMACHO MORFIN.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

270022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

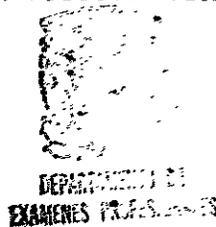
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN  
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE



ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Evaluación de dos posiciones de siembra de semillas de palo dulce  
(Eysenhardtia polystachya) en dos sustratos y cuatro profundidades".

que presenta el pasante: Francisco Javier Bravo Téllez  
con número de cuenta: 8212119-8 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 31 de Agosto de 1998

PRESIDENTE Ing. Vicente Silva Carrillo

VOCAL Ing. Edgar Otnelas Díaz

SECRETARIO Ing. Guadalupe Morales Vidal

PRIMER SUPLENTE Ing. Raymundo Gómez Orta

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Miguel Bayardo Parra

### *Agradecimientos*

*Agradezco infinitamente el apoyo brindado para la realización de este trabajo a:*

*La Universidad Nacional Autónoma de México, mi Alma Mater, por brindarme la oportunidad de preparación y realización profesional.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán por formarme en la profesión más noble y hermosa del mundo la "Ingeniería Agrícola".*

*Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias por permitirme trabajar en los proyectos de la línea de investigación respecto a opciones productivas para el rescate de áreas erosionadas, del cual se deriva el presente trabajo.*

*Al Ing. Francisco Camacho Morfin por ser la base para que este trabajo se llevara a cabo con sus valiosos comentarios y atinadas observaciones. Además de ser más que un asesor un gran amigo. "Muchas gracias Pancho".*

*Al Honorable jurado: Ing. Vicente Silva Carrillo, Ing. Edgar Ornelas Díaz, Ing. Guadalupe Morales Vidal, Ing. Raymundo Gómez Orta e Ing. Miguel Bayardo Parra, por los comentarios y observaciones vertidas para la mejoría de la presente tesis.*

*Al C.P. Jorge Morales Navarrete y al Ing. Julio Cesar Padilla, por que en su momento me permitieron seguir adelante con este proyecto al apoyarme para la realización del mismo.*

*Al Dr. Ruben Puentes, por su gran calidad profesional y humana que son el ejemplo, y un aliciente a seguir, para uno que empieza a transitar en el difícil camino de la agronomía.*

*A la Srita. Pilar Palacia por estar siempre dispuesta a prestar ayuda sin recibir nada a cambio, por esa convicción altruista y ese gran corazón que siempre será un ejemplo para todos los que tenemos la fortuna de conocerla*

*A mis compañeros y amigos de la Fundación Rockefeller; Ing. Francisco Guevara, Ing. Cirila Avila e Ing. Máximino Díaz, por el inmenso apoyo y los buenos consejos que me fueron de gran ayuda en la realización y culminación de esta tesis.*

## *Dedicatoria*

*Dedico esta tesis*

*A mis padres Soledad Téllez Ramírez e Ignacio Bravo Acvedo, por el gran apoyo, amor, cariño y comprensión que siempre me han brindado y sin lo cual no me hubiera sido posible alcanzar esta meta importante de mi vida. "Gracias por ser el pilar de mi existencia".*

*A mis hermanos, Pity, Victor, Fere, Juan Carlos y Miguel Angel; por estar siempre a mi lado, alentándome aun en los momentos más difíciles de mi vida; "Son cada uno parte de mi corazón".*

*A mis grandes amores que, aunque ya no están físicamente con migo, siempre los llevo en mi mente y corazón; Fide y Gony, Nachita y Silvino "Los amo".*

*A ti Ana María por todo el amor, cariño y comprensión que siempre me haz dado. "Eres el amor de mi vida, el motor sobre el cual gira mi existencia; TE ADORO".*

*A todos mis amigos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Enrique, Eduardo, Francisco, Arnulfo, Graciela, Javier, Ulises, Guca, Angélica, David, José Luis, José, y a todos los compañeros de la Décima generación turno vespertino, por los gratos momentos vividos. "Mil gracias".*

*Al Ing. Humberto Reyes por ser un gran amigo con el cual se puede contar en cualquier momento y circunstancia. "Gracias Beto".*

## CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Particulares.....	3
1.2 HIPOTESIS.....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. ASPECTOS REFERENTES A <i>EYSENHARTIA POLYSTACHYA</i> .....	4
2.1.1 Descripción de la especie.....	4
2.1.2. Distribución y hábitat.....	5
2.1.3. Usos.....	5
2.1.4. Propagación.....	5
2.2. CONCEPTOS SOBRE GERMINACION.....	6
2.2.1. Definición y Requisitos para la Germinación.....	6
2.2.2. Etapas de la germinación de una semilla.....	7
2.2.3 Criterios de evaluación de la germinación.....	8
2.2.4. Curvas de germinación.....	9
2.2.5. Características de la curva de germinación.....	10
2.2.6. Aspectos referentes a la posición de las semillas en la siembra.....	11
2.2.7. Efecto de la profundidad de siembra sobre la emergencia.....	11
2.2.8 Efecto del sustrato sobre la emergencia.....	13
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1 LOCALIZACIÓN.....	16
3.2 CONDICIONES AMBIENTALES.....	16
3.3 CONDICIONES EDÁFICAS.....	16
3.3.1. Sustratos Evaluados.....	16
3.4 MATERIAL GENÉTICO.....	17
3.4.1 Método de obtención del material vegetal.....	17
3.4.2. Evaluación Previa del Material Biológico.....	17
3.5 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	18
3.6 TRATAMIENTOS EVALUADOS:.....	19
3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	20
3.8 MANEJO AGRONÓMICO.....	20
3.8.1. Técnica de preparación pregerminativa para la eliminación de inhibidores.....	20
3.8.2. Condiciones de siembra.....	21
3.8.3. Manejo de la Unidad Experimental.....	21
3.8.4 Toma de datos.....	21
3.9. ANÁLISIS GRÁFICO.....	21
3.10. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	22
3.10.1. Manejo de datos.....	22
3.10.2. Índices germinativos.....	22
3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	24
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
4.1. EVALUACIÓN PRELIMINAR.....	26
4.2. ANÁLISIS GRÁFICO.....	26
4.3 EFECTO DE LAS TRANSFORMACIONES Y SIGNIFICANCIA DE FACTORES E INTERACCIONES.....	28

4.4 COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA.....	30
4.5 LA INTERACCIÓN DE LA POSICIÓN, LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA Y EL SUSTRATO SOBRE LA VELOCIDAD DE EMERGENCIA Y EL ÍNDICE DE MAGUIRE.....	32
<b>V.- DISCUSION.....</b>	<b>35</b>
<b>VI.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>VII.- RECOMENDACIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>VIII.- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>39</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis físico-químico de los sustratos evaluados.....	16
Cuadro 2. Tratamientos evaluados para estudiar la emergencia del palo dulce <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> .....	19
Cuadro 3. Probabilidad observada de obtener un valor de F, mayor o igual al observado en la emergencia <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> , en relación con el sustrato, la posición y profundidad de siembra (Significancia Observada) .....	29
Cuadro 4. Probabilidad observada de obtener un valor de F, mayor o igual al observado en el tiempo de emergencia (Días Medios) de <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> , en relación con el sustrato, la posición y profundidad de siembra (Significancia Observada).....	30
Cuadro 5. Efecto de la posición de la semilla, profundidad de siembra y sustrato sobre la emergencia de plántulas de <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> .....	31
Cuadro 6. Efecto de la posición de la semilla, profundidad de siembra y sustrato sobre la emergencia de plántulas de <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> .....	32
Cuadro 7. Efecto de la posición de siembra de la semilla sobre el tiempo de emergencia (días medios) de las plántulas de <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> .....	34
Cuadro 8. Efecto del sustrato sobre el tiempo de emergencia (días medios) de las plántulas de <u><i>Eysenhardtia polystachya</i></u> .....	34

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de <u>Eysendhardtia polystachya</u> .....	4
Figura 2. Posiciones y profundidades de siembra evaluados para <u>Eysenhardtia polystachya</u> .....	18
Figura 3. Arreglo del experimento realizado para el estudio de la emergencia de <u>Eysenhardtia polystachya</u> .....	20
Figura 4. Evolución de la germinación de <u>Eysendhardtia polystachya</u> en siembras superficiales realizadas en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).....	26
Figura 5. Evolución de la germinación de <u>Eysendhardtia polystachya</u> en siembras a 0.25cm de profundidad en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).....	27
Figura 6. Evolución de la germinación de <u>Eysendhardtia polystachya</u> en siembras a 0.50cm de profundidad en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).....	27
Figura 7. Evolución de la germinación de <u>Eysendhardtia polystachya</u> en siembras a 1.00cm de profundidad en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).....	28
Figura 8 Desarrollo morfológico de las plántulas de <u>Eysendhardtia polystachya</u> .....	34

# **EVALUACIÓN DE DOS POSICIONES DE SIEMBRA DE SEMILLAS DE PALO DULCE *EYSENHARDTIA POLYSTACHYA* EN DOS SUSTRATOS Y CUATRO PROFUNDIDADES.**

## **RESUMEN**

El palo dulce *Eysenhardtia polystachya* es una leguminosa, originaria del Norte y Centro de México, que crece en sitios secos y subhúmedos donde se perturbo la vegetación. Este arbusto es un elemento importante para el rescate ecológico de áreas erosionadas y áridas. No obstante se trata de una planta poco estudiada, y se desconoce la forma de optimizar la germinación de las semillas, el principal problema es la muerte de las plantas en la siembra.

Debido a lo anterior se realizó un experimento en macetas que consideró:

- a) La posición de siembra de las diásporas: vertical y horizontal.
- b) Sustrato: arena de río y tierra negra de monte, para evaluar la posibilidad de encontrar un sustrato alternativo al comúnmente manejado.
- c) Profundidad de siembra: 0.00, 0.25, 0.50 y 1.00cm.

El diseño experimental utilizado fue un trifactorial con arreglo combinatorio el cual se colocó en la mesa de un invernadero en Coyoacán D.F.

Los cálculos que se realizaron fueron el Porcentaje de Emergencia, Tiempo Medio de Germinación e Índice de Maguire.

Se encontró que; todos los factores y niveles analizados interactúan fuertemente entre sí, afectando a la emergencia de las plántulas dependiendo de como se combinen. No es necesario acomodar a la diáspora verticalmente para tener una buena emergencia. No se recomienda el uso de la tierra negra de monte, se puede sustituir con la arena de río, por tener las ventajas de ser más económica, fácil de conseguir y proporcionar emergencias adecuadas con un 69 % en un periodo de 33 días. Hay que cubrir a la diáspora con el sustrato, descartando la siembra superficial.

Palabras clave: *Eysenhardtia polystachya/emergencia/diáspora/plántulas/profundidad de siembra/sustrato/posición de siembra.*

## I. INTRODUCCION

La erosión es uno de los problemas que están afectando más a nuestro territorio, debido al manejo inadecuado que se le ha dado a nuestros recursos. México, ocupa el tercer lugar en Latinoamérica en cuanto a deforestación, lo cual ha ocasionado que el 80% del país se encuentre bajo algún grado de erosión. Esto produce frecuentemente que el campesino al no poder subsistir explotando tierras empobrecidas tenga que emigrar.

Ante esta situación, el Gobierno Federal ha emprendido campañas de reforestación, las cuales consisten básicamente en la siembra de eucaliptos y con menor frecuencia de pinos nativos del país. Este tipo de trabajos tienen poco interés para el propietario de los terrenos, ya que en ocasiones se requieren fuertes desembolsos económicos por la necesidad de remover tobas con maquinaria pesada, con el riesgo de que al final exista poca supervivencia debido a las prácticas inadecuadas que se aplican al efectuar las plantaciones.

Una queja frecuente de los campesinos, es el hecho de que no pueden dejar de pastorear en las áreas reforestadas y las quemas que efectúan para que el pasto rebrote en época de secas destruyen tanto los renuevos como arbolitos plantados. Por otra parte son frecuentes bajos crecimientos y supervivencias de las plantas establecidas, pues no es posible pasar de la roca madre al bosque sin cumplir algunas etapas sucesionales.

Lo anterior indica que es necesario hacer la reforestación con nuevas ideas, quizá lo mejor no es considerar al ganado como un enemigo del reforestador, sino un aliado y efectuar esta labor con el fin de alimentar también a los animales, muchos de los cuales bajan de peso ó mueren en la época de sequía, ocasionando una fuerte pérdida al campesino.

Por esto el palo dulce, *Eysenhardtia polystachya*, una leguminosa lotoidea originaria del Norte y Centro de México, que crece en climas secos y subhúmedos, sobre todo en sitios en que se perturbó la vegetación, tiene gran importancia ya que puede ser utilizada para tal fin.

Dicha importancia se puede ubicar dentro de los siguientes puntos:

1. Ecológica: Es un elemento importante para el rescate de áreas erosionadas y áridas, pues forma densos matorrales que retienen el suelo, fijan nitrógeno y aportan hojarasca lo que contribuye a la conservación de los suelos y el enriquecimiento de los mismos (Browner, 1985; Ferrara y Villegas, 1984; Niembro, 1986).
2. Económica: Produce forraje, para ganado mayor y menor contando con un alto potencial alimenticio, siendo aprovechado hasta en un 70% (Susano 1981). El follaje se puede utilizar en la alimentación de ovinos sin problemas de toxicidad (Morfin, *et. al.* 1989; Ferrara y Villegas, 1984). También se utiliza como medicinal, tanto en humanos como en animales (Browner, 1985 y Martínez, 1981). Boyas *et. al.* (1989) informa que mediante un diagnóstico forestal en el Estado de Morelos, se encontró al palo dulce como especie con prioridad uno, debido a que su madera se utiliza para cercas, y construcción de casas, teniendo el tercer lugar como fuente de leña, importándose de las partes cálidas del estado a las partes templadas (Linares, 1992).

En algunas zonas de Hidalgo los productores han solicitado el palo dulce para reforestar pero no se ha podido surtir la demanda porque los viveros no producen esta especie (Morales G. 1998 Comunicación Personal, FES Zaragoza).

No obstante lo anterior, se trata de una planta poco estudiada, y se desconoce la forma de optimizar la germinación de sus semillas, con el fin de producir masivamente esta especie en vivero, el principal problema al parecer es la muerte de las plantas en las siembras realizadas en suelo, pues se ha encontrado que en laboratorio se obtiene de un 77 a 100% de semillas germinadas (Camacho,1987; González y Camacho, 1992).

Actualmente se sabe que en siembras de vivero la producción de esta planta es problemática por los bajos porcentajes de emergencia que se obtienen en la siembra (menores al 25%).

El presente trabajo tiene como fin establecer prácticas de cultivo para mejorar la emergencia del palo dulce en siembras realizadas en suelo para su producción en vivero, verificando el efecto del sustrato, la profundidad de la siembra y la posición de la semilla, con la finalidad de que en un futuro se pueda reforestar con esta especie y así poder dar una alternativa económica al campesino.

El trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Semillas Forestales del Campo Experimental Coyoacán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, como parte de una línea de investigación respecto a opciones productivas para el rescate de áreas erosionadas, en este caso las siembras se hicieron en invernadero; como paso previo para la propagación del palo dulce en vivero.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 General**

Determinar prácticas de cultivo que nos ayuden a mejorar la emergencia de las plántulas de *Eysenhardtia polystachya*, para su producción en vivero. (lograr porcentajes superiores al 25% y cercanos al 70%)

### **1.1.2 Particulares**

- Evaluar cuatro profundidades de siembra, consistentes en 0.00, 0.25, 0.50, 1.00cm
- Evaluar dos posiciones de siembra de las diásporas Horizontal y Vertical.
- Evaluar a la arena de río como un sustrato alternativo al uso de la tierra negra de monte.
- Evaluar como interactúan los factores en estudio.

## **1.2 Hipotesis**

- La posición vertical de la diáspora en la siembra, con la radícula hacia abajo, producirá una mayor emergencia que cuando se coloca en forma horizontal.
- La siembra superficial dará una mayor emergencia que cuando se cubra a la diáspora con el sustrato.
- La tierra negra de monte será mejor sustrato que la arena de río.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. ASPECTOS REFERENTES A *Eysenhardtia polystachya*

#### 2.1.1 Descripción de la especie.

A *Eysenhardtia polystachya*, se le conoce popularmente como: Palo dulce, Vara dulce, Rosilla, Palo cuate, Varaduz (Niembro, 1986).

Es un árbol o arbusto de 3 a 8 m de altura, con un tronco de 10 a 30 cm de diámetro, corteza delgada, fisurada, café-grisácea; hojas imparipinadas de 3 a 10 mm de largo, peciolo corto, de 21 a 51 folíolos oblongos u ovals de 3 a 20 mm de largo por 1.5 a 5 mm de ancho, con los ápices redondeados, el margen entero y la base redondeada, glabros; flores blancas, olorosas, melíferas, agrupadas en racimos apretados, de 4 a 15 cm de longitud; el fruto es una legumbre de 10 a 15 mm de largo por 3 ó 5 mm de ancho, glabra, colgante, aplanada e indehisciente, contiene generalmente una semilla, las semillas tienen de 4 a 5 mm de largo y son de color café-amarillenta, como la vaina que las contiene es indehisciente, forma parte de la diáspora o unidad de dispersión (Espinosa, 1979 y Sánchez, 1978, Niembro, 1986 y Whittier, 1919) (Figura 1).

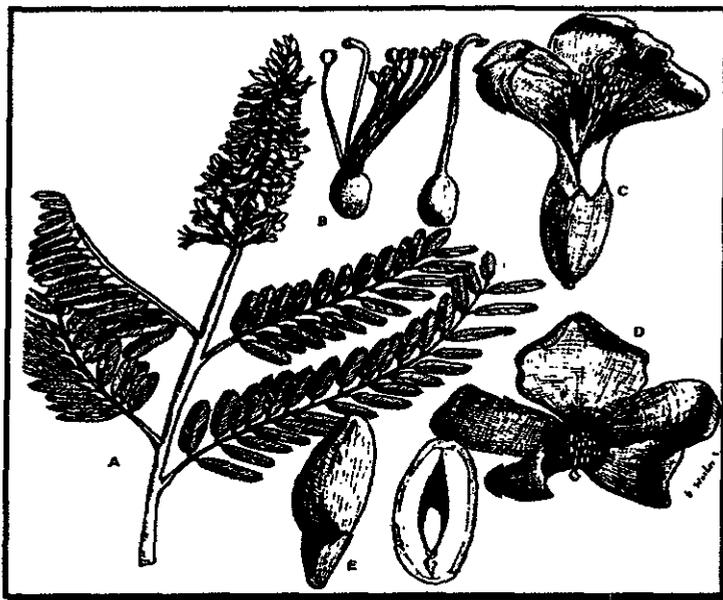


Figura. 1. Esquema de *Eysenhardtia polystachya*. A) Rama floral. -B) Androceo y gineceo. - C).Flor. -D) Vista superior de una flor. -E) Fruto.

### 2.1.2. Distribución y hábitat

Esta planta se distribuye desde el Sur de Arizona, EUA, hasta Oaxaca, México (Espinosa, 1979), es abundante en climas cálidos y templados, sobre terrenos semiáridos y calizos (Martínez, 1981). En el Valle de México, se le encuentra formando parte de matorrales xerófilos, es frecuente en la Sierra de Guadalupe (Rzedowski, 1979). Por otra parte, también se le encuentra como especie secundaria de Selva Baja Caducifolia (Susano, 1981 y Linares, 1992).

### 2.1.3. Usos

El palo dulce cuenta con un alto potencial como forraje, ya que es una especie altamente apetecida por el ganado bovino y caprino, aproximadamente es aprovechado en un 70% (Susano, 1981). El follaje seco puede usarse en la alimentación de ovinos sin problemas de toxicidad (Morfin, et. al. 1989)

El palo dulce se encuentra entre las plantas que se emplean en la medicina tradicional mexicana, tiene uso tanto para los humanos como para los animales domésticos (Browner, 1985 y Martínez, 1981).

La madera de *Eysenhardtia polystachya* es dura, y se puede utilizar para la elaboración de mazos o mangos para martillos, palas, picos y en trabajos ferroviarios como durmientes. Boyas, et al. (1989) informa que mediante un diagnóstico forestal en el estado de Morelos, el palo dulce es la especie con prioridad uno, su uso principal es para cercas y construcción de casas (los palos duran más de 20 años), tiene el tercer lugar de prioridad como fuente de leña, se importa de las partes cálidas del estado a las partes templadas (Linares, 1992).

### 2.1.4. Propagación

La propagación de esta planta se hace sexualmente, a este respecto Camacho (1987) encontró que la vaina indehisciente que cubre las semillas, inhibe la germinación por los compuestos solubles que contiene; este efecto se redujo al remojar las diásporas 24 h. y secándolas antes de sembrarlas; eliminando dicho tejido el estímulo logrado fue mayor. Sin tratamiento se alcanzaron porcentajes de germinación alrededor de 70% en un promedio de 6 días, con el remojo el tiempo de germinación se reduce en un día, al quitar la cubierta todas las semillas germinaron en unos 3 días, obteniéndose porcentajes cercanos al 100%.

Foroughbakhck (1989) aplicó varios tratamientos a las semillas del palo dulce, encontró que en laboratorio a 30 °C, la germinación sin tratamiento fue de 17 %, mientras que escarificando las diásporas con lija se obtuvo hasta 48 %. La aplicación de agua caliente o de ácido sulfúrico produjeron germinaciones casi nulas.

González y Camacho (1992) en siembras sobre papel filtro a 30 °C, obtuvieron porcentajes de germinación con valores alrededor del 77 % ; encontraron que las diásporas sin tratamiento requirieron de 9 días para germinar, mientras que las semillas que se les eliminó el pericarpio y las diásporas remojadas durante 24 y 96 h. y secadas antes de sembrarlas, germinaron más

rápido pues requirieron de 4.9 a 6.5 días para germinar. Los mejores resultados obtenidos fueron al sembrar diásporas remojadas y secadas que al sembrar material remojado que permanecía embebido.

En México, es frecuente que las especies forestales se produzcan transplantando a envases las plantas obtenidas en siembras densas realizadas en almácigo; Camacho (1987), encontró que el porcentaje de germinación en el palo dulce, se redujo conforme se incrementa la densidad de siembra, de un 10 a un 100% del suelo cubierto con las diásporas; menciona que remojando las diásporas un día y secándolas al siguiente, se obtiene un estímulo significativo de la germinación. Este autor que efectuó siembras en macetas cilíndricas, llenas de tierra de monte y con las semillas cubiertas con arena, obtuvo porcentajes de germinación hasta de un 80 % con semillas remojadas 24 h. y secadas.

Camacho (1992) observó que en siembras directas en envases la germinación no se redujo significativamente al sembrar de 1 a 5 diásporas sin tratamiento, en dicho trabajo se usaron semillas sin tratamiento y se obtuvieron porcentajes de emergencia menores al 25 %; atribuye este bajo establecimiento a pérdidas debidas a ahogamiento de las semillas y plántulas causado por los hongos del suelo.

González, *et al.* (1992) en siembras realizadas en tierra de monte en invernadero, también obtuvieron un bajo establecimiento; encontraron que cubrir las siembras con gravilla mejoró el número de envases con plantas en el palo dulce, lo mismo que la aplicación de remojo por 48 h. seguido por secado.

Un último e importante aspecto, es que para favorecer la fijación de Nitrógeno y la asimilación de nutrientes, es conveniente la inoculación del palo dulce con bacterias del género *Rhizobium* y con hongos endomicorrizicos, mediante el uso de la doble inoculación como una tecnología necesaria para la producción de *Eysenhardtia polystachya* (Ferrara y Villerias, 1984).

En cuanto a problemas de plagas en las siembras de vivero, Morfín y Camacho (1987) mencionan que las plántulas de ésta especie son susceptibles al ataque de moluscos.

## **2.2. CONCEPTOS SOBRE GERMINACION**

### **2.2.1. Definición y Requisitos para la Germinación.**

La germinación es el proceso mediante el cual el embrión de la semilla, adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento, y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta (Jan y Amen, 1987).

Para que una semilla de origen a una plántula, se requiere cumplir las siguientes condiciones (Camacho, 1994 a y b; Ginzo, 1980; Hartmann y Kester, 1987):

- 1) **Viabilidad:** cualidad de una semilla de estar viva. En muchas especies la viabilidad se puede conservar aunque las semillas tengan bajos contenidos de humedad (menos de 10% del peso

fresco), en algunas otras como los encinos y como muchas especies de sitios de clima cálido y húmedos la viabilidad se pierde cuando las semillas se secan a menos del 20%.

- 2) Ambiente adecuado para el proceso germinativo: para que la germinación pueda realizarse, se requiere de suficiente humedad para que las semillas se embeban, de una composición gaseosa y una temperatura entre 10 y 30 °C que permita el crecimiento vegetal.
- 3) Quiescencia: implica que la semilla viva no haya germinado anteriormente, se define como el estado en que se encuentra una semilla que no germina debido a que el medio ambiente se lo impide, básicamente por falta de agua o por bajas temperaturas. En algunas plantas como los mangles, las semillas se denominan vivíparas, dado que no pasan por una etapa de quiescencia, sino que germinan antes de liberarse de la planta madre y se dispersan como plántulas capaces de fotosintetizar.
- 4) Ausencia de latencia: se requiere que no exista un mecanismo fisiológico que impida la germinación en condiciones adecuadas para este proceso. Latencia se define como el estado en que se encuentra una semilla viable, que no germina aunque disponga de humedad para embeberse, de suficiente oxígeno para realizar una respiración aeróbica y una temperatura que permita el crecimiento vegetal.

A diferencia de una semilla latente o en latencia, una semilla quiescente o en quiescencia, puede germinar en un intervalo amplio de condiciones ambientales; requerimientos especiales de luz, temperatura y composición gaseosa, son manifestaciones de bloqueos fisiológicos de la germinación.

### **2.2.2. Etapas de la germinación de una semilla**

La definición del proceso germinativo implica que morfológicamente una semilla o más bien su embrión, se transforme en una plántula (Jann y Amen, 1987). Dividiendo el proceso de una manera sencilla se han definido las siguientes etapas (Camacho, 1994 a, b; Hartmann y Kester, 1987):

- (a) Absorción de agua o imbibición: en muchas especies antes de que las semillas sean liberadas por la planta madre, adquieren contenidos de humedad menores al 20%, lo que impide la germinación, si no se dispone de agua suficiente para alcanzar más de un 30% de contenido de humedad.

Las semillas de otras especies son liberadas con contenidos de humedad superiores al 20% y para germinar pueden requerir pequeñas cantidades de agua. En todo caso el medio no debe ser propicio para desecar a las semillas.

Al principio la germinación puede detenerse secando las semillas embebidas, pero conforme avanza el proceso se llega a una etapa en la que el secado causa un daño irreversible, por lo que las semillas pierden su viabilidad y mueren.

- (b) **Activación de los sistemas de información y síntesis:** la imbibición puede realizarse aún en semillas muertas, para que ocurra la germinación es necesario que la semilla sea viable, lo cual implica la activación de la información genética presente en los cromosomas y la activación de los sistemas enzimáticos presentes y la creación de algunos de éstos.
- (c) **Digestión de los compuestos complejos presentes en los tejidos nutritivos:** los alimentos se encuentran almacenados como almidones, grasas y proteínas, los cuales deben separarse como azúcares sencillos y aminoácidos, con el fin de que puedan ser asimilados por el embrión.
- (d) **Translocación de los compuestos sencillos de los tejidos nutritivos al eje embrionario:** los primeros pasos de la germinación en el eje embrionario, se realizan con los compuestos nutritivos presentes dentro del mismo; conforme se incrementa la respiración, la síntesis de nuevos compuestos y sobre todo al iniciarse el crecimiento, se incrementa la demanda de nutrientes, los cuales deben llevarse en formas asimilables desde los tejidos nutritivos hasta el eje embrionario.
- (e) **Crecimiento del embrión:** el proceso germinativo termina cuando la semilla se transforma en una plántula, lo que implica el incremento de tamaño del embrión, debido primero al crecimiento de su radícula y después al de su plúmula. Antes de que se desarrollen los órganos fotosintéticos y que estos se encuentren en actividad, la plántula sufre una pérdida de peso seco con respecto a la semilla.
- (f) **Establecimiento:** se dice que una plántula se ha establecido, cuando deja de depender de los tejidos nutritivos legados por la planta madre, es decir que ocurre cuando la fotosíntesis produce una tasa positiva de asimilación, que en primer lugar impide que el peso seco de las plántulas siga disminuyendo, y en segundo, produce un incremento en la materia seca presente en el individuo. El establecimiento está ligado a una fuerte reducción del riesgo de que las plantas sean infectadas por hongos saprófitos facultativos los cuales fácilmente invaden tejidos suculentos (Camacho 1994b).

### 2.2.3 Criterios de evaluación de la germinación.

El criterio para asumir que ha ocurrido la germinación, varía con los autores, los objetivos y los métodos empleados para estudiarla; se considera que ocurre desde la salida de la radícula de las cubiertas, hasta obtenerse una planta autosuficiente fotosintéticamente (Camacho, 1994 a y b).

En las pruebas de laboratorio, en que las semillas se colocan sobre un sustrato, o de manera que puedan descubrirse fácilmente, se considera que la germinación ocurre cuando la radícula atraviesa las cubiertas. En algunos casos, como en la certificación de semillas, es importante dejar crecer las plántulas lo suficiente para catalogarlas como de crecimiento normal, es decir que no se consideran germinadas a las que presenten albinismo, carezcan de raíz o tengan deformaciones que impidan un crecimiento posterior a la etapa de plántula (Camacho, 1994 a y b).

En las siembras realizadas dentro de un sustrato formado por partículas sueltas, se considera que la germinación ocurre cuando los tallos emergen de éste; el desarrollo requerido va desde la

salida del brote o gancho de emergencia, al estiramiento de éste e incluso puede esperarse la expansión de los protófilos-eófilos u hojas iniciales, o hasta la expansión de los metafílos -hojas secundarias-similares a las de la planta adulta y frecuentemente diferentes de los protófilos (Camacho, 1994 a y b; Díaz y Ríos, 1993).

A lo largo del trabajo se utilizan con frecuencia estos dos conceptos, por lo cual es conveniente señalar que en términos prácticos, se considera que una semilla ha germinado cuando la radícula emerge a través de las cubiertas y que la emergencia se da cuando una plántula emerge del suelo (Ochoa, 1994).

#### **2.2.4. Curvas de germinación.**

Si en una prueba a lo largo del periodo de incubación, se evaluó el número de semillas germinadas tres ó más veces, es posible analizar gráficamente el comportamiento del porcentaje de germinación respecto al tiempo (Camacho 1994 b). Dicho porcentaje se obtiene, dividiendo el número de plantas obtenidas en cada evaluación, entre las semillas sembradas.

En una situación ideal, para una descripción perfecta de la germinación de una especie se requeriría de: una muestra muy grande de semillas, un periodo de incubación prolongado hasta que se presentara la última germinación, y de evaluar a cada instante el proceso germinativo (Camacho y Morales, 1992).

Con lo anterior se obtendrían distribuciones de frecuencia continuas, que usando muestras de semillas fisiológicamente uniformes, e incubadas en condiciones ambientales constantes, tienen una forma típica de acuerdo con el tipo de evaluación realizada (Camacho y Morales, 1992):

- (a) Curva de germinación sencilla: describe una campana asimétrica con prolongada cola derecha, en la que se cumplen las etapas de inicio, ascenso rápido y descenso prolongado. La primera va desde la siembra al momento en que una o más semillas emiten la radícula o emergen del suelo, posteriormente en el ascenso el número de semillas germinadas se incrementa con relativa rapidez hasta un máximo; finalmente las semillas remanentes requieren de lapsos cada vez más largos para germinar, lo cual produce una prolongada etapa de descenso.
- (b) Curva de germinación acumulada: su forma es sigmoidea, es decir se parece a una "S", se cumple por tanto con una etapa de inicio, otra de incremento lento, otra más de incremento rápido y una de estabilización. La primera etapa va desde la siembra al momento en que la germinación acumulada deja de ser igual a cero, las pocas plántulas que se obtienen al principio producen una línea de poca inclinación, que corresponde al incremento lento de la germinación acumulada; posteriormente ocurre un veloz aumento de ésta, que produce una etapa de un incremento rápido, la que termina cuando la curva tiende a hacerse horizontal al irse estabilizando.

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la especie, las etapas descritas se realizan dentro de un intervalo, que puede abarcar desde varias horas hasta algunas semanas o meses.

En la gran mayoría de las ocasiones, la desviación de los datos de una muestra, con respecto a las curvas descritas, es considerable; lo cual se debe tanto al incumplimiento de las condiciones ideales de evaluación, como a variaciones ambientales, y a muestras compuestas por mezclas de poblaciones de semillas con distintas curvas germinativas. Un aspecto que se debe cuidar en las gráficas de germinación, es que la curva en su inicio coincida con el eje del tiempo hasta "T<sub>0</sub>", la evaluación previa a "T<sub>1</sub>", que es el momento en que ocurren las primeras germinaciones; por lo tanto, es erróneo unir este último punto con el origen, cuando "T<sub>0</sub>" representa algún lapso, es decir que la germinación no se inició inmediatamente después de la siembra.

### **2.2.5. Características de la curva de germinación.**

Una forma sencilla y completa de estudiar la germinación, es el análisis de sus curvas acumuladas (Heydecker, 1976), en las cuales es fácil visualizar lo que miden los índices que se usan para estudiar numéricamente el fenómeno (Camacho y Morales, 1992), aspecto que se toca en la sección siguiente.

La crítica más fuerte que puede hacerse al análisis gráfico de la germinación, es el riesgo de hacer apreciaciones subjetivas, acerca de las diferencias existentes entre las curvas, que no permite hacer comparaciones estadísticas (Heydecker, 1976). Al observar las curvas de germinación acumulada de dos muestras, se pueden apreciar a primera vista varias diferencias, las cuales resultan con una o más de las siguientes características (Camacho y Morales, 1992; Camacho, 1994 b):

- (a) Capacidad germinativa: es el porcentaje de germinación final, se visualiza como la altura máxima alcanzada en la etapa de estabilización, lo cual representa la capacidad de una muestra de semillas para germinar, por lo que a mayor altura se tiene mejor germinación.
- (b) Tiempo de germinación: se refiere a la cercanía de las curvas al eje de los porcentajes. Esta distancia incluye forzosamente la etapa de inicio, puede comprender también alguna fracción de las etapas de incremento rápido y de estabilización. A mayor cercanía de las curvas al eje se considera que se tiene mejor germinación, dado que se realiza en menos tiempo.
- (c) Uniformidad germinativa: esta característica se encuentra muy ligada al tiempo de germinación y se refleja en la inclinación general de la gráfica obtenida, especialmente en la etapa de incremento rápido. Muestras de semillas con curvas cercanas a la vertical indican gran uniformidad germinativa, el tiempo que transcurre entre las primeras germinaciones y las últimas es corto; conforme las curvas sean más inclinadas disminuye la uniformidad germinativa, pues dicho tiempo se incrementa.
- (d) Tasa germinativa: es una relación que se establece entre el porcentaje de germinación obtenido y el tiempo transcurrido. En el caso de la germinación acumulada por unidad de tiempo, la tasa germinativa se visualiza como la inclinación de la curva de germinación que se tiene a lo largo del proceso.

La máxima tasa de germinación acumulada y el total de las tasas de germinación sencilla son los indicadores más empleados, a mayor altura, verticalidad y cercanía al eje de los porcentajes, se tiene una mayor tasa de germinación; esto demuestra que se trata de una valoración que combina simultáneamente varias características de la curva germinativa.

- (e) **Interrupciones de la germinación:** en algunos casos, se presentan sinuosidades; es decir, que la curva presenta una o más etapas de estabilización temporales. Esta característica que únicamente se puede detectar gráficamente, se relaciona tanto con lapsos en que el ambiente es desfavorable a la germinación, como con muestras de poblaciones de semillas con distintas curvas germinativas; lo último es una manifestación del polimorfismo germinativo.

#### **2.2.6. Aspectos referentes a la posición de las semillas en la siembra.**

Carvallo, et al. (1981) en semillas grandes medianas y pequeñas de cacahuete evaluó tres posiciones de siembra: 1) Con la punta de la radícula hacia abajo. 2) Con el eje embrionario paralelo a la superficie del suelo y 3) Con la punta de la radícula hacia arriba. Los resultados mostraron que la mejor posición fue con la punta de la radícula hacia abajo. El tamaño de las semillas tuvo efecto significativo sobre las variables evaluadas y las semillas mayores fueron lo suficientemente vigorosas como para compensar una desfavorable posición. Así los porcentajes obtenidos oscilaron en la mejor posición y con el mayor tamaño de 99 a 84% sin diferencias significativas. Mientras que en el resto de los tamaños colocar las semillas con la radícula hacia arriba redujo el porcentaje de germinación en un 26% respecto a lo obtenido poniendo la semilla con la punta de la radícula hacia abajo. El efecto se manifestó más en la velocidad de germinación registrada con el índice de Maguire, el cual indicó que poner la semilla con la radícula hacia abajo produjo resultados significativamente mejores que el resto de las posiciones independientemente del tamaño de las semillas. Encuentran sorprendente que se obtengan mejores resultados con la radícula hacia abajo que al poner las semillas con el eje embrionario paralelo a la superficie del suelo, siendo esta última la posición más "natural" en la siembra de las semillas.

Lal y Karnataka (1993) en *Quercus leucortichophora* probaron colocar la bellota en posición vertical con la punta para arriba, así como con la punta hacia abajo y en posición horizontal. Encontraron que la mejor germinación y establecimiento se obtuvo con la posición horizontal, esto fue un 60 % de éxito con 46 días para iniciar la emergencia. En cuanto a las bellotas colocadas verticalmente, con la punta para arriba se logró un 45 % de éxito y con la punta hacia abajo la emergencia fue menor del 40 %.

#### **2.2.7. Efecto de la profundidad de siembra sobre la emergencia.**

Mientras más se entierren las semillas menos expuestas estarán a la desecación, pero más difícil les será emerger a las plántulas del suelo (Camacho, 1994 b; Hartmann y Kester, 1987).

En las especies en que la plántula saca a la semilla del suelo, el óptimo se encuentra sembrando a las semillas de unas 2 a 3 veces su diámetro; en ellas generalmente no importa la manera en que

la semilla se acomode en el suelo (Besnier, 1989; Camacho, 1994 b). En plantas como los encinos, duraznos y nogales, que tienen una semilla relativamente grande y la plántula no la saca del suelo; es mejor hacer una siembra semi-superficial, colocando a la semilla inclinada en el suelo con su punta enterrada, con lo cual se logra una buena conformación de las plántulas (Camacho, 1994 b; Tinus y McDonald, 1979).

Las especies que tienen semillas muy pequeñas, deben sembrarse superficialmente y frecuentemente es necesario dejarlas descubiertas; para evitar la desecación y no sepultar a las semillas, el riego debe aplicarse con una boquilla fina o por subirrigación. En estos casos se prefiere la siembra con suelo húmedo. La necesidad de la siembra superficial obedece tanto a las exigencias de luz para germinar, como a la incapacidad de las plántulas de llegar a la superficie cuando están muy enterradas (Camacho, 1994 b; Hartmann y Kester, 1987).

La germinación a profundidades mayores de tres veces el grosor de la semilla, produce un alargamiento excesivo del tallo para alcanzar la superficie del terreno; lo cual lleva a un retraso en la emergencia y a un agotamiento de las reservas nutritivas, que reduce el vigor de las plántulas, las cuales pueden incluso morir antes de emerger (Besnier, 1989).

Como un ejemplo de esto último se tiene que las diásporas del pasto *Aegilops cylindrica*, pueden germinar enterradas a profundidades de 7 a 10 cm, pero las plántulas obtenidas son incapaces de alcanzar la superficie del suelo (Morrow, *et al.* 1982).

La tolerancia a la profundidad de siembra está dada genéticamente, por la capacidad de alargamiento de la plúmula que se puede realizar empleando únicamente las reservas nutritivas de la semilla (Besnier, 1989).

Es importante mencionar que la temperatura a la que estén expuestas las siembras, también interacciona con la profundidad de siembra, en el pasto *Aegilops cylindrica* las diásporas enterradas a 6 cm, fueron incapaces de emerger cuando la temperatura de incubación fue de 10 °C, mientras que cuando se incubaron a 20 °C, la emergencia fue ligeramente superior al 50 % (Morrow, *et al.* 1982).

En *Pinus engelmanni* el establecimiento de plántulas provenientes de semillas depositadas en la superficie del suelo, fue similar al obtenido sembrando a profundidades de 5 y de 10 mm; al incrementar la profundidad de siembra a 15 mm hubo un retraso y una reducción de la emergencia, alcanzándose un 41 %; al enterrar las semillas a 20 mm de la superficie, se obtuvo apenas un 28 % de emergencia (Prieto y Rubio, 1987).

La reacción de las plántulas a un obstáculo que le dificulte la emergencia, puede ser (Besnier, 1989):

- (a) Levantar el obstáculo si no es pesado: en el caso de las costras, su ruptura debida al empuje de una plántula, conforma previamente a la emergencia, una cúpula compuesta por trozos fracturados de la costra. No siempre ocurre la emergencia a pesar de la formación de la cúpula.

- (b) Contornear el obstáculo para esquivarlo: lo cual ayuda a que la emergencia se realice por fracturas de la costra debidas al secamiento o a las causadas por las plántulas que han logrado emerger.
- (c) Detener el crecimiento longitudinal, para engrosar el diámetro de la plántula y aumentar la fuerza de empuje al reanudar el crecimiento en longitud.
- (d) Ablandar el obstáculo: en las plántulas de algunas especies, como *Canna* sp, ocurre gutación en la plántula de los epicótilos, lo cual les ablanda el camino a la emergencia.

Besnier (1989) menciona que las plántulas provenientes de emergencia epigea, son más flexibles para esquivar obstáculos; mientras que las provenientes de emergencias hipógea, tienen más fuerza de empuje.

Para evitar que las costras dificulten la emergencia, se recomienda hacer la siembra y después cubrir las semillas con arena gruesa con partículas de 1 mm de diámetro o mayores (Camacho, 1994 b).

Las plántulas, provenientes de semillas germinadas en la superficie del suelo, frecuentemente tienen dificultades para que la radícula penetre en el sustrato, en caso de que esta no encuentre una grieta o un punto débil, la planta corre el riesgo de morir por deshidratación o por agotamiento de las reservas nutritivas (Besnier, 1989).

## 2.2.8 Efecto del sustrato sobre la emergencia

### 2.2.8.1. Estrangulamiento

El estrangulamiento es una afección que consiste en la pudrición de semillas y plántulas en el suelo debidas al ataque de microorganismos, a la cual se le denomina también: ahogamiento, caída de las plántulas, chupadera, damping off, mal de los semilleros, secadera y tristeza.

Los microorganismos causantes del estrangulamiento son hongos de los géneros *Alternaria*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Coloscypha*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Tricothenum* (Campbell y Landis, 1990; Hartmann y Kester, 1987; Gómez y Yañez, 1963).

Estos hongos son omnipresentes, pues en la mayoría de los casos, se trata de habitantes del suelo con hábitos saprófitos, por lo que se les considera como parásitos facultativos primitivos y no especializados en el hospedero. El estrangulamiento es una afección oportunista, la cual requiere que los tejidos vegetales no estén lignificados (Flinta, 1960; Hartmann y Kester, 1987; Gómez y Yañez, 1963).

De acuerdo con el origen del material causante del estrangulamiento, se tiene (Hartmann y Kester, 1987 y Landis, 1989):

- (a) Infección primaria: la que se origina a partir de esporas presentes en el agua de riego, en las semillas, o en el sustrato de siembra.
- (b) Infección secundaria: la que es transmitida de plantas atacadas a plantas sanas, el contagio puede efectuarse mediante el desarrollo de las hifas del micelio y a partir de esporas producidas en las plantas enfermas.

### **2.2.8.2 Sintomatología del estrangulamiento.**

Dependiendo de la etapa de desarrollo de las plántulas en que se presente el ataque de los hongos, el estrangulamiento se puede manifestar de las siguientes formas según Hartmann y Kester (1987):

- (a) Estrangulamiento preemergente: consiste tanto en que las semillas se pudren en el suelo sin germinar, como en que las plántulas mueran infectadas por los hongos antes que sus tallos logren salir del suelo.
- (b) Estrangulamiento postemergente temprano: las plántulas recién emergidas pueden desarrollar una pudrición del tallo cerca de la superficie del medio, la cual se manifiesta como un estrechamiento y debilitamiento del tallo, que hace que la plántula deje de estar erguida y caiga, poco tiempo después toda la plántula termina por pudrirse. En algunas especies, como por ejemplo los pinos, la infección por hongos se manifiesta también en la pudrición y ruptura de los cotiledones.
- (c) Estrangulamiento postemergente tardío o tallo de alambre: se manifiesta algún tiempo después de la emergencia, con un daño consistente en que el tallo de las plantas queda anillado por un estrechamiento, el cual puede ser alargado. Las plántulas permanecen vivas algún tiempo después de manifestar el daño, e incluso en ocasiones se mantienen erguidas, pero el desarrollo de estos individuos es lento y mueren después de la infección.
- (d) Estrangulamiento radicular, Pudrición de la raíz o Tristeza: en individuos que han pasado la etapa de plántulas, las raicillas son atacadas por la descomposición, lo que produce que en un principio las plántulas dejen de crecer, posteriormente se marchitan y finalmente mueren.

### **2.2.8.3 Sustrato de siembra y estrangulamiento.**

En la manifestación del estrangulamiento la textura es muy importante, lo mismo que su estructura, debido a que determinan el drenaje y la ventilación, un sustrato de partículas finas y compactado favorece más el ataque del estrangulamiento, que uno compuesto por partículas grandes y sueltas. El contenido de agua también es determinante, ya que conforme se incrementa, mejora las condiciones para el crecimiento de los hongos. El desarrollo de éstos es favorecido por la presencia de materia orgánica poco descompuesta, lo mismo que por un contenido de nitrógeno relativamente alto (Beristain, 1981; Flinta, 1960; Gómez y Yañez, 1963; Hartmann y Kester, 1987; Landis, 1989; Treviño, 1981).

Una reacción del suelo alcalina, con pH superior a siete, y la presencia de sales, son aspectos favorables para la manifestación del estrangulamiento (Beristain, 1981; Hartmann y Kester, 1987; Landis, 1981; Treviño, 1981).

Finalmente, se tiene a la flora del suelo, debido al manejo al que ha estado sometido, se tienen lugares que presentan altas concentraciones de esporas y micelio.

En muchos casos la aireación del sustrato puede ayudar a evitar el estrangulamiento; un sustrato de partículas finas y compactado favorece el ataque del estrangulamiento. Es importante saber que una baja fertilidad inicial del sustrato evita también las infecciones. Otro factor es la presencia de sustancias que inhiben el desarrollo de los hongos, las cuales se presentan en la turba del musgo esfagnífero "peat moss" y también en la composta de cortezas de árboles latifoliados. En esta última es importante preparar la composta de manera que ocurra el calentamiento para una buena eliminación de los patógenos y una rápida descomposición (Landis, 1989).

#### **2.2.8.4 Endurecimiento de la capa superficial del suelo**

El secamiento de los suelos humedecidos produce que en la superficie de éstos, se forme una costra de partículas cementadas y compactadas, que dificultan la emergencia de la plántula; en los suelos arcillosos se forman costras duras que el secado adicional tiende a fragmentar en trozos pequeños y delgados, en terrenos limosos se forman placas más gruesas y pesadas, mientras que en sitios arenosos las costras forman capas continuas débiles (Besnier, 1989).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización.

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero en el Laboratorio de Semillas Forestales del Campo Experimental Coyoacán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias; localizado 19° 22' Latitud Nte. y 99° 10' Longitud Oeste; a una altura de 2250 msnm.

#### 3.2 Condiciones ambientales

El clima es un Cw<sup>w</sup>, (w) b g i': Templado subhúmedo tipo intermedio, con menos de 10% de lluvia invernal, con sequía infraestival, verano fresco más caliente antes del solsticio de verano, subisotermal.

#### 3.3 Condiciones Edáficas

Los suelos del lugar son aluviales, vertisoles arcillosos; cabe mencionar que estos suelos no se utilizaron para la evaluación.

##### 3.3.1. Sustratos Evaluados

En ambos casos se tuvo un contenido de arena superior al 40% (Cuadro 1). La tierra negra de monte se solicitó al Vivero Coyoacán, el cual la obtiene de los bosques de coníferas que rodean al Valle de México. En cuanto a la arena de río; se obtuvo del arroyo de la Magdalena, en el tramo que pasa frente al Vivero Coyoacán.

Cuadro 1. Análisis físico-químico de los sustratos evaluados.

DET	Número de muestra	Arena de río	Tierra negra
1	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.04	0.82
2	Retención de humedad a 1/3 de bars. (c.c.) (%)	82.50	42.75
3	Retención de humedad a 15 bars. (p.m.p.) (%)	39.20	19.18
4	T Arena (%)	68.87	44.33
5	X Limo (%)	20.76	38.54
6	T Arcilla (%)	10.37	17.13
7	R Clasificación	Franco arenosa	Franca
8	A pH en H <sub>2</sub> O (1:2)	6.8	6.7
9	Materia orgánica (%)	0.58	11.01
10	Fósforo aprovechable (ppm)	14.69	1.33
11	Carbonato de calcio (%)	0.0	0.0
12	Capacidad de intercambio catiónico (me/100g)	22.80	55.0
13	CATIONES Calcio (me/100g)	0.011	0.027
14	INTER- Magnesio	0.0	0.0
15	CAMBIA- Sodio	0.57	0.71
17	BLES Potasio	0.64	1.41
18	Conduct. eléct. en el extracto de saturación (mm hos/cm)	3.50	0.38
19	pH pasta	6.4	5.9
20	Cantidad de agua en el suelo a saturación (%)	173.0	97.10

### **3.4 Material Genético**

#### **3.4.1 Método de obtención del material vegetal.**

Las diásporas de *Eysenhardtia polystachya*: se solicitaron al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, el cual disponía de una colecta, obtenida en Enero de 1992, de arbustos que crecían en el Parque Nacional los Remedios, Naucalpan, Edo. de Méx. La cosecha consistió en sacudir las ramas de los arbustos sobre un lienzo, para recibir las diásporas, las que se sueltan fácilmente. El material recolectado se almaceno en seco a 3 °C en un bote de hojalata, hasta la realización del presente trabajo en el mes de mayo de 1995.

#### **3.4.2. Evaluación Previa del Material Biológico**

Como primer paso se determinó la viabilidad de la colección de diásporas empleada, para lo cual se efectuaron siembras sobre papel filtro en cajas de Petri, en las que se utilizaron semillas a las que se les eliminó manualmente el pericarpio. La incubación se realizó a 25 °C colocando 50 semillas en cada caja, hubo cuatro repeticiones; paralelamente se hizo la determinación del número de semillas por kilogramo, pesando cuatro muestras de 100 semillas cada una.

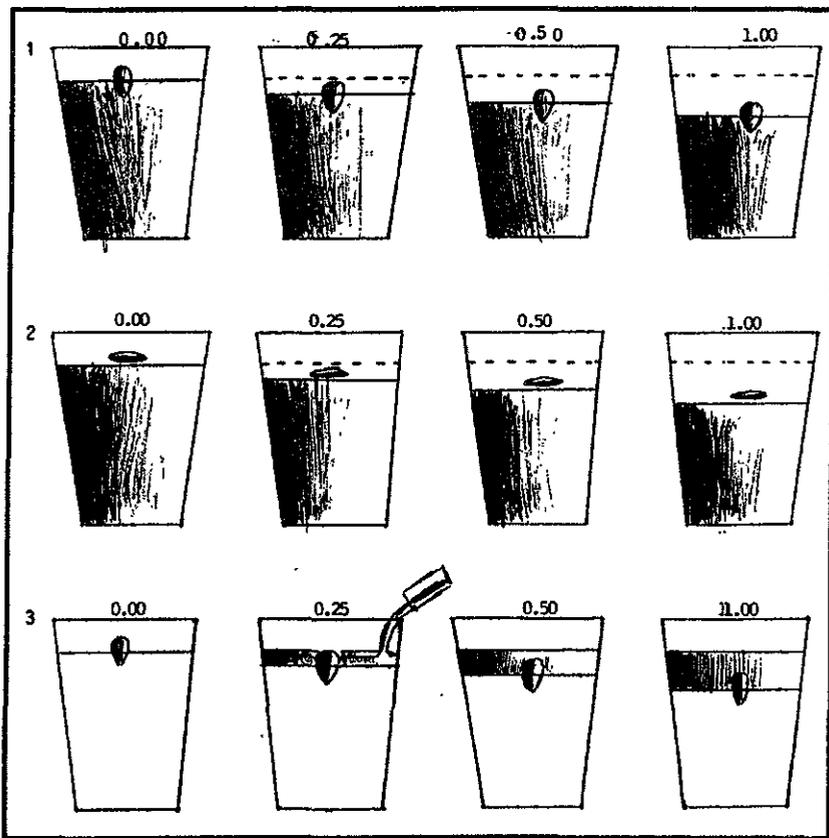
### 3.5 Unidad Experimental

Consistieron en vasos de unicel de 1 lt. de capacidad: los cuales tuvieron una altura de 15 cm con un diámetro superior de 11 cm y uno inferior de 7.5 cm. En cada uno de ellos se sembraron 30 diásporas de *Eysenhardtia polystachya*.

La cantidad de sustrato utilizada en las macetas dependió de la profundidad de siembra evaluada, en todo caso se llenaron con el peso promedio de 10 muestras, llenas de manera que una vez cubiertas las diásporas, tuviera 1.0 cm antes del borde (Figura 2), con el fin de contener el agua de riego.

La siembra consistió en colocar las diásporas ya preparadas, sobre la superficie nivelada del sustrato y cubrirlas con el material correspondiente. Se tuvieron 32 vasos llenos con arena de río y 32 con tierra de monte.

Figura 2. Posiciones y profundidades de siembra evaluados para *Eysenhardtia polystachya*.



1. Posición vertical de las diásporas a las diferentes profundidades evaluadas.
2. Posición horizontal de las diásporas a las diferentes profundidades evaluadas.
3. Cubrimiento de las diásporas con el sustrato a las diferentes profundidades evaluadas.

### 3.6 Tratamientos Evaluados:

Se realizó un experimento trifactorial, bajo condiciones de invernadero donde se evaluaron 16 tratamientos obtenidos de combinar los siguientes factores y niveles (Cuadro 2):

- (a) **Profundidad de siembra:** se probaron cuatro niveles en los que las diásporas sembradas se cubrieron con capas de sustrato de: 0.0, 0.25, 0.5 y 1.0 cm (Figura 2); el punto a partir del cual se midió la profundidad de siembra, fue el centro de las diásporas; por lo que siempre que esta se colocó verticalmente tuvo cuando menos una parte enterrada en el sustrato.
- (b) **Sustratos:** con dos niveles, se empleó la tierra negra de monte que es el sustrato tradicional en el centro de México para la producción de plantas de vivero, este se comparó con el empleo de arena de río, que es un material de desecho obtenido del desasolve de corrientes superficiales.
- (c) **Posición de las diásporas:** también se tuvieron dos niveles de colocación, unas se colocaron horizontalmente sobre el sustrato y otras verticalmente con la radícula hacia abajo (Figura 2).

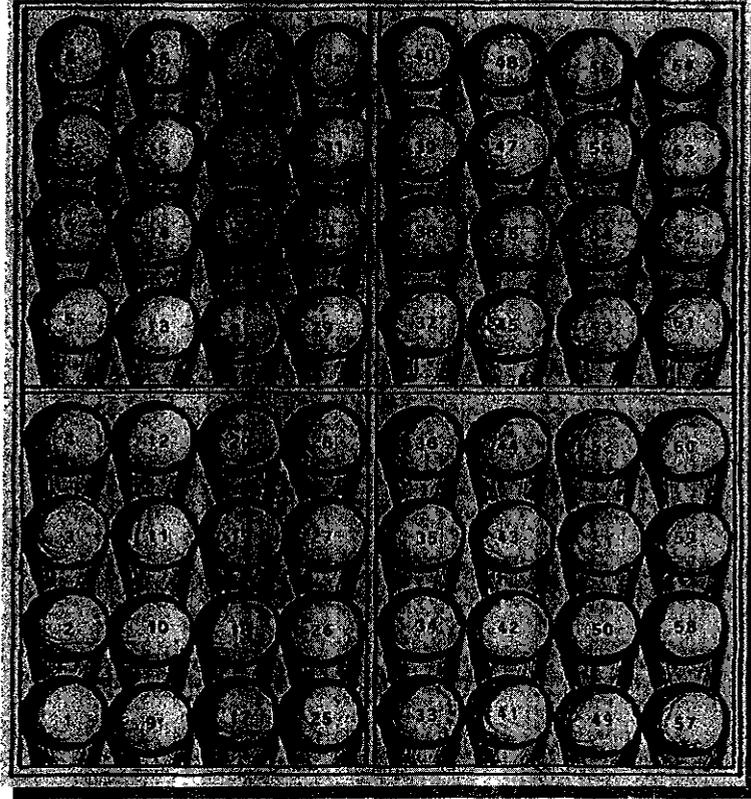
**Cuadro 2. Tratamientos evaluados para estudiar la emergencia del palo dulce *Eysenhardtia polystachya*.**

Número	Sustrato Empleado	Posición de Siembra	Profundidad de Siembra
1	Arena	Vertical	0.00 cm
2	Arena	Vertical	0.25 cm
3	Arena	Vertical	0.50 cm
4	Arena	Vertical	1.00 cm
5	Arena	Horizontal	0.00 cm
6	Arena	Horizontal	0.25 cm
7	Arena	Horizontal	0.50 cm
8	Arena	Horizontal	1.00 cm
9	Tierra	Vertical	0.00 cm
10	Tierra	Vertical	0.25 cm
11	Tierra	Vertical	0.50 cm
12	Tierra	Vertical	1.00 cm
13	Tierra	Horizontal	0.00 cm
14	Tierra	Horizontal	0.25 cm
15	Tierra	Horizontal	0.50 cm
16	Tierra	Horizontal	1.00 cm

### 3.7 Diseño Experimental

El experimento realizado estuvo constituido por 64 parcelas, cada una representada por un vaso de unicel, esta cantidad es la resultante de tener 16 tratamientos con 4 repeticiones. El diseño experimental empleado fue un trifactorial distribuido completamente al azar con arreglo combinatorio, en el que las unidades experimentales se colocaron aleatorizadas irrestrictamente, sobre una mesa de malla dentro de un invernadero (Figura 3).

Figura 3. Arreglo del experimento realizado para el estudio de la emergencia de *Eysenhardtia polystachya*.



### 3.8 Manejo agronómico

#### 3.8.1. Técnica de preparación pregerminativa para la eliminación de inhibidores

Para todos los tratamientos de acuerdo con González, *et al.* (1992), las semillas se sometieron a una preparación pregerminativa consistente de dos días de remojo en agua a temperatura ambiente (21°C), y posteriormente se secaron durante un día sobre una malla dentro de un invernadero, en el cual la temperatura máxima fue de 35°C y la mínima de 15°C.

En el remojo se utilizaron 450 ml de agua para cada 100 semillas, renovando el líquido a las 24 hrs. Lo anterior tuvo el fin de eliminar los inhibidores presentes en el pericarpio, los cuales dificultan la germinación (Camacho, 1987; González, *et al.* 1992 y González y Camacho, 1992).

### **3.8.2. Condiciones de siembra.**

Las siembras se efectuaron dentro de un invernadero en forma de túnel de 3.5 m de altura y 8 m de largo, el cual tiene una orientación Norte Sur y se ubica en Coyoacán, D. F. Las macetas se distribuyeron en una mesa cuya cubierta se colocó sobre soportes consistentes en blocks de construcción encajados. Esto último tuvo el fin de impedir el acceso de moluscos a las siembras, los cuales atacan fuertemente las plántulas de palo dulce (Morfin y Camacho, 1987).

Durante el experimento realizado del 9 de junio al 14 de Julio de 1995, la temperatura tuvo un promedio de 24.38°C con una máxima extrema de 40 °C y una mínima extrema de 11 °C.

### **3.8.3. Manejo de la Unidad Experimental**

Cada tercer día durante un mes se cuidó de mantener la humedad de las siembras, así mismo, se contó el número de plántulas emergidas, las cuales debían sobresalir cuando menos 1.0 cm del suelo. Con el fin de que los datos tomados correspondieran a la emergencia total obtenida hasta cada evaluación, los individuos muertos y los que presentaron síntomas de estrangulamiento, se marcaron con palillos de plástico antes de que se perdiera su ubicación.

### **3.8.4 Toma de datos**

El total de plántulas emergidas por unidad experimental hasta una evaluación, se anotaron en un cuadro de doble entrada, en que el primer renglón contenía los datos referentes a cada fecha de evaluación y la primera columna indicaba los datos correspondientes a cada unidad experimental (Anexo 2).

## **3.9. Análisis Gráfico.**

Se obtuvo el promedio de la emergencia acumulada en cada una de las evaluaciones, tomando en cuenta las cuatro repeticiones realizadas en cada uno de los tratamientos. Estos datos se graficaron usándolos como ordenadas en el eje " Y " de un cuadro cartesiano, como abscisas en el eje "X" se empleó el tiempo transcurrido a cada evaluación.

### 3.10. Procesamiento de Información

#### 3.10.1. Manejo de datos

Siguiendo a Camacho (1994 b), para facilitar la presentación de los índices empleados en el estudio numérico de la emergencia, se usó la siguiente simbología:

$i$  = término que indica el número de evaluación realizada, el cual toma valores desde 0 en la evaluación anterior al inicio de la emergencia, hasta "e" la cantidad total de evaluaciones realizadas durante el experimento.

$e$  = Total de evaluaciones realizadas durante el experimento.

$A_i$  = emergencia acumulada obtenida en la evaluación número " $i$ ", corresponde a los datos tomados durante los experimentos.

$G_i$  =  $A_i - A_{(i-1)}$ , corresponde a la emergencia sencilla en la evaluación número " $i$ ".

$T_i$  = tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación número " $i$ ".

$P_i$  =  $(T_i + T_{(i-1)})/2$ , corresponde a la media del tiempo transcurrido desde la siembra hasta dos evaluaciones sucesivas, también se le denomina punto medio y marca de clase.

#### 3.10.2. Índices germinativos.

Aclarado lo anterior, se procede a presentar las fórmulas empleadas en el estudio numérico de la emergencia, las cuales se tomaron de Morales y Camacho (1985), Camacho y Morales (1992), Camacho (1994b):

- a) Porcentaje de emergencia final: evalúa la relación existente entre el total de plántulas obtenidas y la cantidad de semillas sembradas:

$$CG = (A_e \times 100) / M$$

Donde:

CG = Capacidad de emergencia.

$A_e$  = emergencia acumulada hasta la última evaluación.

$M$  = muestra evaluada, lo que corresponde al total de semillas sembradas

Este índice tiene un enorme valor práctico, pues se usa como uno de los principales indicadores de la calidad de las semillas, así mismo, es indispensable en el cálculo de necesidades de semillas para siembra. Se requiere siempre tomarlo en cuenta como variable de respuesta en experimentos que estudian la emergencia. No obstante, se abusa de su empleo al considerarlo como el único indicador de la calidad de ésta, lo cual es un error, pues como se trata de un índice particular, no toma en cuenta el tiempo y uniformidad de emergencia.

- b) Tiempo de emergencia: es una medida representativa del lapso requerido por las semillas para convertirse en plántulas, para evaluarlo considerando todos los datos tomados, se usa el tiempo medio de emergencia (TMG):

$$TMG = SPG / SG$$

Donde:

TMG = tiempo medio de emergencia

SPG = suma puntos medios por emergencias sencillas =  
= P1 x G1 + P2 x G2 .... Pe x Ge

SG = suma de las emergencias sencillas = G1 + G2..... + Ge

Este índice es indispensable en la planificación de las fechas para realizar labores de transplante, aclareo y resiembra, entre otras. Conforme se reduce su valor la emergencia es más veloz, los cultivos se establecen mejor y aprovechan más la temporada de crecimiento.

Es importante señalar que el tiempo de emergencia, indica el punto central del lapso en que ocurre ésta, por lo tanto no corresponde al momento en que todas las plántulas emergen.

- c) Intervalo de emergencia: es un índice que ayuda a representar el lapso que transcurre entre las primeras y las últimas emergencias. Se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$ITG = 2 \times \text{raíz cuadrada de } \left[ \frac{SCG - (SPG^2 / SG)}{SG - 1} \right]$$

Donde:

ITG = Intervalo típico de emergencia

SCG = suma puntos medios al cuadrado por emergencias sencillas =  
= P1 x P1 x G1 + P2 x P2 x G2 .... + Pe x Pe x Ge

SPG = suma puntos medios por emergencias sencillas =  
= P1 x G1 + P2 x G2 .... Pe x Ge

SG = suma de emergencias sencillas = G1 + G2 ..... + Ge

El cálculo del intervalo típico de emergencia, indica que se considera que el lapso en que ocurre el grueso de ésta, es el doble de la desviación típica del tiempo requerido para que las semillas de la muestra produzcan plántulas. Conforme se reduce el intervalo de emergencia, se incrementa la uniformidad de la germinación, lo cual mejora el establecimiento de los cultivos y facilita su manejo.

- d) Valor de emergencia: los índices particulares presentados anteriormente, dan por separado una visión incompleta del proceso de emergencia, ante lo cual conviene utilizar una fórmula que los pondere dentro de un solo valor numérico, para evaluar la calidad de emergencia. Una propuesta para realizar lo anterior es el índice de Maguire (1962):

$$MG = ( G_1/T_1 + G_2/T_2 \dots + G_e/T_e ) \times 100 / M$$

Donde:

MG = Valor de emergencia o índice de Maguire

G<sub>i</sub> = emergencia sencilla en la evaluación número "i".

T<sub>i</sub> = tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación número "i".

M = Cantidad de semillas sembradas.

Esta fórmula representa el total acumulado de las tasas de emergencia sencilla respecto al tiempo (Parraguire y Camacho, 1992), con su aplicación se obtienen valores que van de cero cuando no hay emergencia, a 100 cuando toda la emergencia se realiza en la primera unidad de tiempo evaluada; por lo que conforme se incrementa el valor del índice de Maguire, se incrementa la calidad de emergencia, es decir que el fenómeno es más completo y se realiza en menos tiempo.

La utilidad de este índice es la de permitir hacer comparaciones estadísticas objetivas, ponderadas y completas de la calidad de germinación, no obstante como los valores obtenidos son abstractos, es necesario acompañarlos con los datos referentes a capacidad, tiempo y uniformidad de emergencia (Camacho, 1992).

### **3.11 Análisis Estadístico.**

Con los datos obtenidos a lo largo del período de observación del experimento, se calculo de acuerdo con Morales y Camacho (1985) el porcentajes de emergencia, tiempo medio de germinación e índice de Maguire; las formulas empleadas se presentan en la sección 3.10.

Para el porcentaje de germinación y el índice de Maguire, se realizaron los análisis de varianza, se evaluaron las transformaciones arcoseno, raíz y logaritmo, con el fin de obtener el menor coeficiente de variación (Reyes, 1978). Una vez realizado el correspondiente análisis de varianza para el experimento trifactorial, se realizaron las pruebas de medias de Tukey con alfa = 0.05, se aplicó de acuerdo con la significancia de las interacciones (Reyes, 1978).

En cuanto al tiempo medio de germinación el análisis estadístico, presento la dificultad que hubo pérdida de unidades experimentales, debido a que esta variable no es posible calcular cuando no hay germinación. El problema que plantea perder el diseño factorial del experimento por esta causa o tener que eliminar algunos niveles del factor en que ocurrió la pérdida de información, se resolvió por una parte mediante la realización del análisis del experimento como si fuera un completamente al azar con todos los datos disponibles y por otra realizar el análisis del experimento factorial eliminando el nivel de siembra superficial

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluación Preliminar

El día 5 de mayo de 1995, se obtuvieron los resultados de la prueba de germinación, con un 86% de semillas germinadas siendo el porcentaje satisfactorio para la utilización de la semilla; en el experimento factorial. El número de semillas por kilogramo del lote empleado fue de 113,636.

### 4.2. Análisis Gráfico

Considerando que en el presente trabajo se realizó un experimento trifactorial, es interesante partir de un análisis que pudiera dar una visión general del comportamiento de la emergencia obtenida en los diferentes tratamientos. Lo cual facilita la presentación de los resultados de los análisis estadísticos realizados.

Los tratamientos que mejor funcionaron en las semillas colocadas superficialmente, fueron los de posición vertical independientemente del sustrato donde hallan sido sembradas, alcanzando germinaciones arriba del 45% al final del experimento (Figura 4). Las semillas colocadas en posición horizontal tuvieron los porcentajes de germinación más bajos, en comparación con las sembradas en forma vertical.

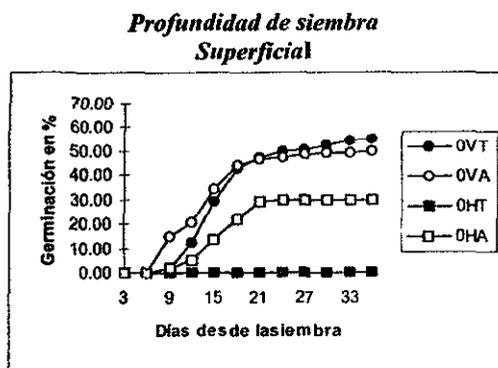


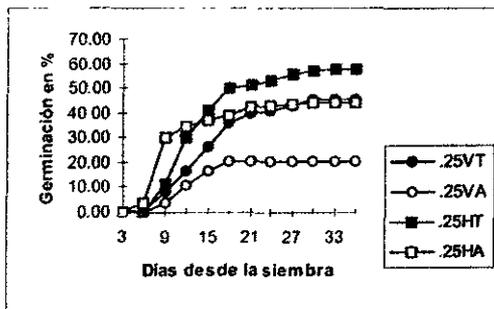
Figura 4. Evolución de la emergencia de *Eysendhartia polystachya* en siembras superficiales realizadas en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).

La característica más sobresaliente de todos los tratamientos con una profundidad de siembra de 0.25 cm, fue que las plántulas empezaron a emerger a los seis días de la siembra, es decir que se registraron las mayores velocidades de emergencia observadas en el experimento (Figura 5).

Los porcentajes de emergencia fluctuaron en forma considerable dependiendo de la posición y sustrato empleado. Dando como resultado que los tratamientos con las diásporas colocadas en forma horizontal fueran los mejores en lo referente a rapidez y número de semillas germinadas,

superando el 45%. Aunque el tratamiento con las semillas sembradas en forma vertical en tierra también supero el 45% de germinación a los 33 días, tuvo la desventaja de ser más lento, y el tratamiento con la misma posición pero con sustrato de arena quedo muy por debajo de todos, convirtiéndose en el peor en las siembras realizadas a una profundidad de 0.25 cm.

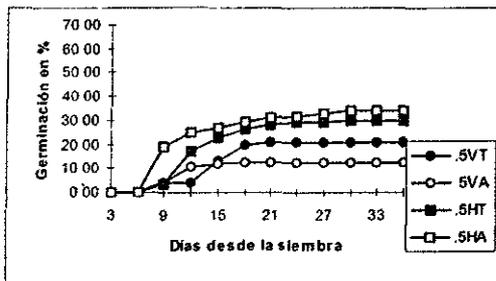
**Profundidad de siembra  
a 0.25 cm**



**Figura 5. Evolución de la emergencia de *Eysendhartia polystachya* en siembras a 0.25cm de profundidad en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).**

Los tratamientos en los que la profundidad de siembra fue de 0.5 cm, presentaron los peores resultados, con emergencias finales muy por debajo del 50% (Figura 6).

**Profundidad de siembra  
a 0.50**



**Figura 6. Evolución de la emergencia de *Eysendhartia polystachya* en siembras a 0.50cm de profundidad en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).**

Respecto a las semillas sembradas a 1.00 cm de profundidad, la gráfica de los diferentes factores a esta profundidad nos muestra que hay tres tratamientos con un porcentaje de germinación por arriba del 45%, convirtiéndose en los mejores en lo referente al número de semillas germinadas (Figura 7), además de encontrarse el mejor tratamiento dentro de los factores evaluados que es el de las semillas sembradas horizontalmente en sustrato de arena con aproximadamente 70% de emergencia con un tiempo de inicio a la misma de 6 días.

**Profundidad de siembra  
a 1.00**

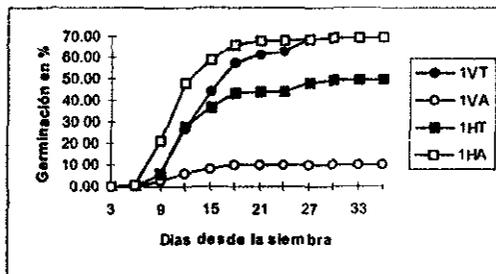


Figura 7. Evolución de la emergencia de *Eysenhardtia polystachya* en siembras a 1.00cm de profundidad en arena (símbolos huecos) y tierra (símbolos llenos), en relación con la posición de la semilla en la siembra (Círculos: vertical, Cuadros: horizontal).

Cabe mencionar que el tratamiento con las diásporas en posición vertical en sustrato de tierra también mostró buenos resultados, únicamente con el detalle de que la germinación es más lenta pero alcanzando el mismo nivel al final del experimento.

### 4.3 Efecto de las Transformaciones y Significancia de Factores e Interacciones

Al analizar los datos del índice de Maguire y Porcentaje de germinación, se puede observar que los coeficientes de variación son superiores al 25 %; en ambos casos al aplicar las transformaciones raíz cuadrada y logaritmo, se redujeron en forma considerable dichos coeficientes (Cuadro 3).

En el caso del índice de Maguire, con la aplicación de raíz cuadrada, se lograron valores inferiores al 20 %; mientras que para el porcentaje de germinación ambas transformaciones raíz y logaritmo produjeron coeficientes de variación por debajo del 20 %, aunque la aplicación de la transformación arco seno reduce dicho coeficiente, el valor no llegó a ser menor al 20%.

Los mejores resultados para el porcentaje se obtienen con la transformación logaritmo con un valor cercano al 13 % en el coeficiente de variación, lo cual indica que es necesario realizar el análisis sobre datos transformados; en este caso se decidió presentar tanto los referentes a raíz y logaritmo.

**Cuadro 3. Probabilidad observada de obtener un valor de F, mayor o igual al observado en la emergencia *Eysenhardtia polystachya*, en relación con el sustrato, la posición y profundidad de siembra (Significancia Observada).**

Fuentes de Variación	Índice de Maguire			Porcentaje de Germinación			
	Reales	Raíz	Log	Reales	Arco Seno	Raíz	Log
Posición (A)	0.003*	0.016*	0.051	0.207	0.569	0.539	0.622
Sustrato (B)	0.845	0.919	0.956	0.019*	0.124	0.134	0.590
Profundidad (C)	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
AB	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
AC	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
BC	0.000*	0.000*	0.001*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
ABC	0.000*	0.000*	0.001*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Coef. de Variación	30.58	14.08	20.07	31.53	21.26	17.95	12.63

\*Significativo al 0.05

Log = Transformación logarítmico

Respecto al tiempo de emergencia, se presentó un problema referente a la pérdida de unidades experimentales y tratamientos, como consecuencia de que las semillas sembradas superficialmente en posición horizontal en tierra no germinaron; y como esta variable no se puede calcular cuando no hay emergencia, se realizaron de dos formas los análisis de varianza.

Una opción fue tomar en cuenta todos los datos disponibles, considerando el experimento como completamente al azar (Cuadro 4). Por otra parte, con el fin de observar el efecto sobre factores e interacciones, se realizó el análisis del experimento factorial, eliminando en todos sus niveles la profundidad de siembra superficial.

Se pudo observar que para ambos casos, los coeficientes de variación son bastante inferiores al 20%, indicando análisis de varianza confiables. Asimismo, el análisis del experimento factorial señala que no hay diferencias significativas a nivel profundidad en ninguna de las interacciones; en este caso sólo fueron significativas la posición y el sustrato por lo cual habrá que comparar las diferentes posiciones, sacando un promedio por posición sin tomar en cuenta los otros factores (Cuadro 4). Otra comparación que se tendrá que realizar es la de los sustratos sin tomar en cuenta los otros factores, por actuar independientemente y no presentar interacción.

En cuanto al experimento analizado completamente al azar, la prueba se hace de todas las medias entre sí, lo cual concuerda con lo realizado para el Índice de Maguire y el Porcentaje de Germinación, en que debido a la significancia de la interacción de mayor nivel, es válida la comparación de todas las medias entre sí.

**Cuadro 4. Probabilidad observada de obtener un valor de F, mayor o igual al observado en el tiempo de emergencia (Días Medios) de *Eysenhardtia polystachya*, en relación con el sustrato, la posición y profundidad de siembra (Significancia Observada).**

Fuentes de Variación	Experimento Factorial sin Siembra Superficial	Sin Considerar el Arreglo Factorial
Tratamientos	0.000*	0.000*
Posición (A)	0.048*	-----
Sustrato (B)	0.000*	-----
Profundidad (C)	0.244	-----
AB	0.123	-----
AC	0.185	-----
BC	0.965	-----
ABC	0.600	-----
Coef. de Variación	11.21	10.91

\*Significativo al 0.05

#### **4.4 Comportamiento del porcentaje de emergencia**

Respecto al porcentaje de emergencia, los mejores tratamientos según las pruebas de medias realizadas, son aquellos donde las semillas se colocaron en posición horizontal en arena a 1.00 cm de profundidad, así como el tratamiento con las semillas sembradas en posición vertical en tierra a 1.00 cm de profundidad. La peor emergencia, fue la que se obtuvo con las semillas colocadas en posición horizontal utilizando como sustrato tierra de monte a 0.00 cm de profundidad (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Efecto de la posición de la semilla, profundidad de siembra y sustrato sobre la emergencia de plántulas de *Eysenhardtia polystachya*.**

Profundidad de Siembra (cm)	Porcentaje de Emergencia	Transformación a Raíz ( $X+0.5$ )	Transformación a ( $\text{Log}(X+1.0)$ )
<b>Semillas sembradas en Posición Horizontal en Arena</b>			
0.00	30	5.42 bcd	1.46 abcd
0.25	44	6.66 abc	1.65 abc
0.50	34	5.72 abcd	1.50 abcd
1.00	69	8.22 a	1.85 a
<b>Semillas Sembradas en Posición Horizontal en Tierra</b>			
0.00	0	0.71 e	0.00 f
0.25	58	7.53 ab	1.75 ab
0.50	30	5.28 bcd	1.40 abcde
1.00	49	7.02 abc	1.70 abc
<b>Semillas Sembradas en Posición Vertical en Arena</b>			
0.00	50	7.09 abc	1.71 abc
0.25	21	4.59 cd	1.33 bcde
0.50	13	3.57 d	1.11 de
1.00	10	3.10 de	0.97 e
<b>Semillas Sembradas en Posición Vertical en Tierra</b>			
0.00	55	7.43 ab	1.75 ab
0.25	46	6.72 abc	1.65 abc
0.50	21	4.46 cd	1.28 cde
1.00	69	8.32 a	1.84 a

En cada columna, las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05.

Analizando combinación por combinación, tenemos que las semillas colocadas en posición horizontal utilizando como sustrato arena de río, tuvieron sus peores porcentajes de emergencia cuando se sembraron superficialmente, lo mismo ocurre cuando la siembra se efectúa en tierra.

Respecto a la arena, se encontró que no hubo diferencias significativas entre profundidades de siembra a partir del cuarto de centímetro, esto según los datos de la transformación Raíz Cuadrada. La transformación Logaritmo indica que no hay diferencias entre profundidades de siembra cuando las semillas se sembraron en posición horizontal en tierra; la peor emergencia se obtuvo en la siembra superficial, a partir de un cuarto de centímetro, se tiene mejor emergencia y no existen diferencias significativas entre las profundidades de siembra, en este caso tanto el Logaritmo como la Raíz Cuadrada indican la misma agrupación de medias; los resultados obtenidos con 0.25 cm y 1.00 cm son estadísticamente iguales a la mejor emergencia que se tuvo en el experimento.

Analizando la posición vertical, las siembras superficiales presentan una agrupación de medias estadísticamente iguales a los mejores resultados del experimento, produciendo una buena emergencia, conforme se incrementa la profundidad de siembra utilizando como sustrato arena, se presenta una diferencia estadísticamente importante a partir de 0.50 cm de profundidad; esto con respecto a lo observado en la siembra superficial, siendo detectada esta depresión por ambas transformaciones.

En lo referente a las semillas sembradas en posición vertical en tierra, no existen diferencias significativas en cuanto a emergencia se refiere, cuando se colocan en la superficie del sustrato; las semillas enterradas a un cuarto de cm y a 1.00 cm son estadísticamente iguales, únicamente se observa una diferencia en la germinación respecto a la siembra superficial, cuando se colocan a 0.50 cm de profundidad, coincidiendo los resultados para ambas transformaciones.

#### 4.5 La interacción de la Posición, la Profundidad de Siembra y el Sustrato sobre la Velocidad de Emergencia y el Índice de Maguire.

Aprovechando que el Índice de Maguire tuvo la interacción ABC significativa y era conveniente comprar todas las medias entre sí, estos datos se acompañaron por las medias de Días Medios del análisis completamente al azar.

Para el Índice de Maguire, los mejores resultados se obtuvieron con las semillas sembradas en posición horizontal en arena a 1.00 cm. de profundidad; los peores resultados se dan cuando las diásporas se colocan sobre la superficie en la misma posición pero utilizando como sustrato tierra negra de monte, donde no hubo emergencia (cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la posición de la semilla, profundidad de siembra y sustrato sobre la emergencia de plántulas de *Eysenhardtia polystachya*.

Profundidad de Siembra (Cm)	Índice de Maguire (Raíz de X + 0.5)	Tiempo de Emergencia (Días)
<b>Semillas Sembradas en Posición Horizontal en Arena</b>		
0.00	1.50 defg	15.8 a
0.25	2.22 abc	9.9 de
0.50	1.85 bcdef	10.8 cde
1.00	2.52 a	11.1 bcde
<b>Semillas Sembradas en Posición Horizontal en Tierra</b>		
0.00	0.71 h	-----
0.25	2.18 abc	12.7 abcde
0.50	1.61 cdefg	12.2 bcde
1.00	2.03 abcd	13.0 abcde
<b>Semillas Sembradas en Posición Vertical en Arena</b>		
0.00	2.06 abcd	13.2 abcd
0.25	1.45 defg	11.7 bcde
0.50	1.27 fgh	9.6 e
1.00	1.12 gh	11.0 bcde
<b>Semillas Sembradas en Posición Vertical en Tierra</b>		
0.00	1.96 abcde	15.8 a
0.25	1.90 abcde	14.4 ab
0.50	1.36 efg	13.5 abc
1.00	2.27 ab	14.1 abc

En cada columna, las medidas seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05.

El comportamiento de la calidad de germinación respecto a la profundidad de siembra es similar en ambos sustratos cuando se colocan las semillas en posición horizontal; la emergencia más pobre se presenta cuando las semillas se siembran superficialmente, la mejor incluso de todo el experimento se da cuando las semillas se entierran a 1.00 cm de profundidad. Los resultados son similares cuando las semillas se cubren ligeramente, es decir, con una capa de 0.25 cm, la única variación entre ambos sustratos, es que en arena hay una diferencia significativa respecto a la mejor emergencia cuando se sembró a una profundidad de 0.50 cm.

En cuanto al tiempo de germinación, la emergencia más lenta se obtuvo cuando las semillas se sembraron en posición horizontal en arena sobre la superficie del sustrato, y la más rápida cuando se les colocó en posición vertical en arena a 0.50 cm de profundidad.

En lo referente a las semillas colocadas en posición horizontal, se encontró que cuando se les siembra en arena en la superficie, la germinación es muy lenta, requiriendo de casi 16 días para realizarse, conforme se aumento la profundidad de siembra se observo un acortamiento de tiempo en la emergencia, sin que halla diferencias entre profundidades; dando lo mismo sembrarlas a 0.25 que a 1.00 cm.

Cuando la siembra se efectuó en tierra se presentó la misma situación, con la diferencia de que las semillas colocadas superficialmente no germinan y cuando se les cubre emergen sin que halla diferencias debidas a la cantidad de sustrato que se tenga sobre las diásporas.

Respecto a la siembra realizada en posición vertical, se pudo observar la siguiente situación; en cuanto al Índice de Maguire, tanto en arena como en tierra se tiene una emergencia estadísticamente igual a la mejor cuando se colocan las semillas superficialmente; en el caso de la siembra efectuada en arena no hay diferencias significativas con respecto a las semillas que se cubren ligeramente de tierra a 0.25 cm de profundidad; mayores profundidades de siembra producen una diferencia significativa respecto a lo que se obtuvo con la siembra superficial.

En cuanto al tiempo de emergencia, se encontró que las semillas tardaron más en germinar cuando se sembraron superficialmente que a diferencia de cuando se enterraron a 0.50 cm, dándose a esta profundidad la mayor velocidad de emergencia.

Cuando se evaluó la siembra en posición vertical en tierra, se observó que la realizada superficialmente produjo resultados según el Índice de Maguire tan buenos como el mejor tratamiento en la mayor parte de los casos, con la excepción de la siembra efectuada a 0.50 cm de profundidad; es interesante señalar que en estas combinaciones las profundidades no tuvieron efecto sobre la calidad de emergencia.

En lo referente al tiempo de emergencia de las semillas sembradas en posición vertical en tierra, no se encontraron diferencias significativas entre profundidades.

Finalmente de acuerdo con el análisis trifactorial, se encontró que la emergencia más rápida se obtuvo al sembrar las diásporas en posición horizontal (Cuadro 7) utilizando como sustrato la arena (Cuadro 8).

Cuadro 7. Efecto de la posición de siembra de la semilla sobre el tiempo de emergencia (días medios) de las plántulas de *Eysenhardtia polystachya*.

Posición de siembra	Medias
Horizontal	11.60b
Vertical	12.40a

En cada columna, las medidas seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05.

Cuadro 8. Efecto del sustrato sobre el tiempo de emergencia (días medios) de las plántulas de *Eysenhardtia polystachya*.

Sustrato	Medias
Arena	10.70b
Tierra	13.31a

En cada columna, las medidas seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05.

En la figura No. 8 se presenta el desarrollo morfológico de las plántulas, es evidente el incremento en el número de folíolos de las hojas.

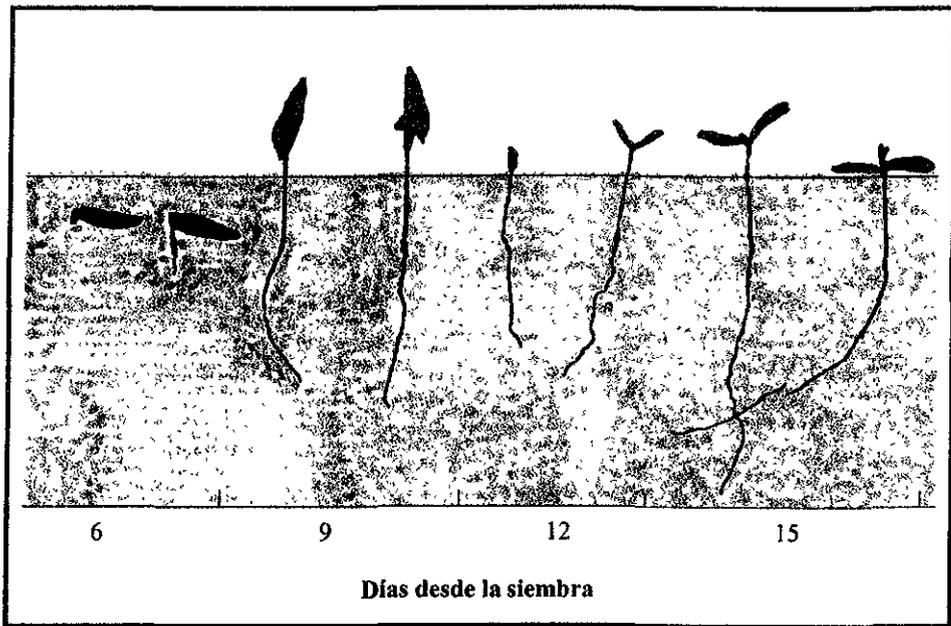


Figura No. 8 desarrollo morfológico de las plántulas de *Eysenhardtia polystachya*.

## V.- DISCUSION

Los porcentajes de emergencia logrados en el presente trabajo con los mejores tratamientos fueron cercanos a los obtenidos por González y Camacho (1992 cercanos al 70%) y superiores a los reportados por Foroughbakhck (1989 menores del 40%) y Camacho (1992). No obstante, hubo tratamientos que tuvieron germinaciones muy pobres.

Lo anterior indica que la emergencia que se obtenga en el palo dulce depende de las técnicas de siembra empleadas.

En concordancia con el trabajo de Lal y Karnataka (1993) en *Quercus leucortichophora*, la mejor posición fue aquella donde se colocaron las diásporas de palo dulce en forma horizontal. Aunque se puede observar que combinadas con la siembra superficial produce emergencias pobres que requirieron de mucho tiempo para llevarse a cabo (Figura 4 y Cuadro 6).

Lo anterior puede atribuirse a la falta de contacto de la diáspora con el sustrato, lo cual indujo a que el acopio de agua requerida para que se realizara la germinación fuera lento, siendo muy posible que la mitad de la diáspora permaneciera húmeda y la otra mitad que estaba expuesta al ambiente se encontrara seca, sin embargo cuando se asegura el contacto con el suelo el tiempo de emergencia se reduce, presentándose dos situaciones; por un lado, a mayor profundidad como hay más contacto de la diáspora con el sustrato es más fácil el acopio del agua, pero si se incrementa más la profundidad de siembra, se presenta la segunda situación que consiste, en que a mayor profundidad, mayor será el tiempo de emergencia.

Esta relación no se presenta muy clara para las siembras realizadas en arena, lo cual indica que la especie en estudio esta adaptada para emerger cuando se le siembra al menos a 1.00 cm de profundidad con buenos resultados, no encontrándose profundidades de siembra de las 4 evaluadas que causen una fuerte limitación en lo que se refiere a la velocidad de emergencia (Cuadro 6 Figura 7).

Con lo que respecta al porcentaje de germinación, también se presenta la misma situación, ninguna de las profundidades es limitante para que se lleve a cabo la germinación de esta especie; es decir que la plántula relativamente larga; es capaz de germinar superficialmente pero con ciertas limitaciones (Cuadro 5).

En cuanto a los sustratos, se puede observar que estos actúan sobre la germinación dependiendo de la profundidad y posición de siembra de las semillas; un ejemplo de esto es que si al sustrato de arena se le combina con la posición horizontal y profundidad de 1.00 cm se obtienen altas emergencias. Pero este mismo sustrato con posición de las semillas en forma vertical a la misma profundidad resulta ser el menos adecuado (Figura 7), esto obviamente es una evidencia de la significancia de la interacción de mayor nivel.

Otro aspecto importante es que cuando las diásporas se siembran en tierra con posición horizontal de la semilla sobre la superficie del sustrato, la emergencia obtenida fue más pobre y

lenta que cuando se utilizo arena de río con las mismas variantes, lo cual se puede deber a la capacidad de los sustratos para retener el agua, ya que si bien, la arena tiende a drenarse rápidamente, también sede fácilmente el vital líquido a la semilla, lo cual no ocurre con la tierra negra de monte que la retiene con más fuerza y lo sede poco a poco ocasionando que la germinación se retrase (Figura 4).

Con respecto a las posiciones, se puede pensar que la vertical favorece la emergencia, debido a que la raíz sale por debajo de la diáspora y se puede establecer en el sustrato más rápido la plántula facilitando la emergencia de la misma (opone menos resistencia física al sustrato). En cambio es muy probable que teniendo el peso del sustrato encima una semilla colocada horizontalmente tenga más obstáculos a vencer. Por otra parte contra los resultados de Carvallo, *et al.* (1981) obtenidos en semillas de cacahuate, la mejor germinación en este trabajo no se obtuvo al colocar las diásporas verticalmente con la radícula hacia abajo. Aunque es importante mencionar que en el experimento realizado, la mayor velocidad de emergencia, es decir, el menor tiempo a la emergencia, se dio en las semillas colocadas en esta posición utilizando como sustrato arena; sin embargo; hay que anotar que no existen diferencias significativas con respecto a las semillas colocadas en posición horizontal, ya que presentan la misma agrupación de medias (Cuadro 6).

En cuanto al tiempo de emergencia, las diferencias aparecen asociadas a los sustratos utilizados, la germinación tendió a requerir menos tiempo para realizarse en arena que en tierra. Esto hace suponer que la compactación, el peso y la capacidad de agregación del sustrato es determinante para el tiempo de emergencia (cuadro 6). Aspectos que menciona Besnier (1988).

Con lo que respecta al porcentaje de emergencia, cuando la siembra se lleva acabo en posición horizontal los mejores resultados se obtienen en arena, y cuando la siembra es en posición vertical se presentan en la tierra, ubicándose en ambos casos el máximo (superando el 45%), esto si es indicativo del efecto de la posición de la semilla en relación con el sustrato, es importante mencionar que ambos máximos se dan a 1.00 cm de profundidad (Cuadro 5). Lo anterior tiene su explicación en lo siguiente; cuando se colocan las semillas en posición horizontal en arena, como el sustrato tiene poca agregación se facilita la emergencia, lo cual no sucede con la tierra, en donde la plántula tiene más dificultades para emerger por la capacidad de agregación que presenta este sustrato, esto se puede corregir cuando las diásporas se colocan en posición vertical ya que se le ayuda a la plántula a emerger por presentar menor resistencia física al sustrato cuando se colocan en dicha posición, alcanzando de esta forma sus máximos; sin embargo, es necesario mencionar que las diferencias respecto a la profundidad de siembra no son significativas.

## VI.- CONCLUSIONES

1. La emergencia dependió de la interacción de la profundidad, posición de siembra y sustrato; las combinaciones produjeron valores superiores al 50% o inferiores al 20%.
2. En la emergencia de las semillas de *Eysenhardtia polystachya* el sustrato de tierra negra mostró los peores resultados (menos del 40%) cuando la siembra se realizó en posición horizontal sobre la superficie.
3. La germinación de las semillas colocadas en posición horizontal y cubiertas con sustrato, en ninguna combinación fue significativamente inferior a las combinaciones correspondientes colocadas verticalmente.
4. Las siembras de las semillas colocadas verticalmente no garantizó en todas las combinaciones emergencias superiores al 50%.
5. Cuando las semillas se sembraron horizontalmente en arena, en ningún caso la germinación fue significativamente inferior a la obtenida con semillas colocadas horizontalmente en tierra.
6. Las profundidades evaluadas en semillas colocadas horizontalmente no fueron un factor limitante en la emergencia, siempre y cuando las semillas se cubrieran con el sustrato.
7. En la emergencia de las semillas de *Eysenhardtia polystachya* el sustrato de arena de río mostró los mejores resultados (70% aprox.) cuando la siembra se realizó en posición horizontal a 1.0 cm de profundidad, lo cual es ventajoso ya que este sustrato es más económico y fácil de conseguir que la tierra negra de monte (se considera como producto de desecho obtenido del desasolve de corrientes de agua).
8. Cuando la siembra de las diásporas se realizó en tierra negra en forma vertical a 1.00 cm de profundidad los resultados fueron tan buenos como el mejor tratamiento (70% aprox.), con el único inconveniente de que la germinación es más lenta.
9. La germinación se dio en una forma rápida y abundante al cubrir las diásporas con el sustrato, por lo que se descarta la siembra superficial.
10. Sembrar las diásporas en forma horizontal presentó buenos porcentajes de emergencia, además de ser más práctico depositarlas de esta manera que verticalmente.

## **VII.- RECOMENDACIONES**

- **Aplicar estas técnicas de una manera práctica dentro del sistema productivo de un vivero, ya que hasta la fecha solamente se ha experimentado en macetas o recipientes que no forman parte de este.**
- **Sustituir a la tierra negra de monte por la arena de río.**
- **Sembrar de preferencia a 1.0 cm de profundidad y descartar la siembra superficial**
- **Sembrar las diásporas en forma horizontal**
- **Para dar continuidad a esta investigación trabajar en los siguientes aspectos:**
  - a) **Experimentar con diferentes densidades de siembra, debido a que esto puede limitar la germinación de las semillas.**
  - b) **Trabajar en lo referente a la sanidad de la planta, por ser susceptible al ataque de ahogamiento, lo cual trae pérdidas de plántulas.**
  - c) **Aplicar algún producto para dar consistencia al cepellón, ya que la arena de río es un sustrato no adherible, lo que podría ocasionar problemas a la hora de la plantación.**
  - d) **Experimentar con dosis de inoculantes para favorecer la micorrización y la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno.**

## VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Beristain D., 1981. Influencia del pH del agua de riego en la incidencia del Damping-off y el desarrollo de dos especies de pino, en almácigo. Tesis Prof. Ing. Agrón. Esp. en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. México. 70 p.
- Besnier R., F. 1988. Semillas; biología y tecnología. Mundi-Prensa. España. 637 p.
- Boyas, D, J. C, Solares, F., Cervantes, M., Javelly, J., Linares, M., Sandoval, L., Soto, R., y Naufal, I., 1989. Aprovechamiento tradicional del recurso forestal y su comercialización en el estado de Morelos. Mem del Congreso Forestal Mexicano. Tomo II. ANCF. pp 647-662.
- Browner, C. H. 1985. Plants used for reproductive health in Oaxaca. Economy Botany 39(4): 488-493.
- Camacho M, F. 1985. Identificación del mecanismo que inhibe la germinación en *Schinus molle* L. y forma de eliminarlo. Revista Ciencia Forestal. México. 10(55): 35-49.
- Camacho M, F. 1987. Germinación de semillas de palo dulce *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. en siembras densas. Rev. Ciencia Forestal. México. 12(62):3-13.
- Camacho M, F. 1992. Estabilidad de la germinación en siembras directas de especies forestales en envase. Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI y Univ. Aut. de Chiapas. México. pp 604.
- Camacho M, F. 1994 a. Dormición de Semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. 125 p.
- Camacho M., F. 1994 b. Fisiología de la germinación. En: Semillas Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Publicación Especial No. 2. México. pp 12-31.
- Camacho M., F. y Morales V, G. 1992. Métodos para el análisis del efecto de tratamientos sobre la germinación. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México. pp. 282-290.
- Campbell, T. E. 1992. The effects of presoaking longleaf pine seeds in sterilants on direct seedling. Tree Planter Notes 33 (1): 8-11.

- Campbell, S. J. And Landis, T. D. 1990. Managing seeborne diseases in western forest nurseries. *Tree Planters Notes*. 41 (4): 3-7.
- Carvalho, N. M.; Massoni Filho, L. M. and Sader, R. 1981. Effect of peanut *Arachis hipogea* seed size and position in the soil on total and speed emergence. *Seed Sci. and Technol.*, 9: 849-852.
- Díaz G., J. y Ríos T., J. 1993. Identificación de la regeneración natural de árboles tropicales por la morfología de sus estadios iniciales. *Revista forestal del Perú* 20(1):35-61.
- Espinosa G., J. 1979. Leguminosae. En Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. (Ed) *Flora Fanerogámica del Valle de México*. CECSA. México. Vol. I. pp 323.
- Ferrara C., R. y Villerias S, S. 1984. Effect of *Glomus- Rhizobium* double inoculation on the growth of *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. *Nitrogen Fixing Trees Reseach Reports*. 2:15-16.
- Flinta, C. M. 1960. *Prácticas de plantación Forestal en América Latina*. FAO Cuadernos de Fomento Forestal No. 15. Italia. 497 p.
- Foroughbakhck, R. 1989. Tratamiento de semilla de catorce especies y su influencia en la germinación. Universidad Autónoma de Nuevo León. Fac. de Ciencias Forestales. México. Reporte Científico No. 11. 19 p.
- Ginzo, H.D. 1980. Fisiología de la germinación. En: Sívori, E. (Ed.) *Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur*. Argentina. pp. 613- 628.
- Gómez N., M. S. Y Yañez M., O. 1963. Damping-off en *Pinus moctezumae* y su combate. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 7. México. 31 p.
- González K., V y Camacho M, F. 1992. El remojo y secado estimula la germinación de semillas de palo dulce ( *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. ). *Memorias del XII Coloquio de Investigación*. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. pp. 79 (Resumen).
- González Kladiano, V.; Camacho M, F. y Carrillo S, J. 1992. Propagación y crecimiento en vivero de arbustos útiles para control de erosión. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México. pp. 247-256.
- Hartmann, H. T. y Kester, D. F. 1987. *Propagación de Plantas; principios y prácticas*. Td. A. Marino. CECSA. México. 810 p.
- Heydecker, W. 1976. Clarity in recording germination data. *Nature*. Londres. 210: 753-754.

- Jann, R.C. and Amen, D.R. 1987 What is germination?. En: Khan, A.A. (Ed.) Physiology and Biochemistry of seed dormancy and germination. Elsevier/North Holland Biomedical Press. Holanda. 7-27 pp.
- Lal, P. and Karnataka, D. C. 1993. Effect of orientation of seed sowing and soil mixture on germination behaviour of *Quercus leucortichophora* (Syn *Q. incana* Roxb.). Indian Forester 119(2): 122-125.
- Landis, D. T. 1989. Disease and pest management. En: Landis, T, D.; Tinus, Mc Donald, S. E. and Barnett, J. P. The Container tree nursery manual. Vol. 5. USDA Forest Serv. Agric. Handbk. 674. USA. pp. 1-99.
- Linares A, M. 1992. Comercialización de los recursos forestales de la flora, fauna e insectos de la selva baja caducifolia de Morelos. Memorias de Avances de Investigación del INIFAP en Selvas Bajas Caducifolias del Estado de Morelos. Inst. Nat. de Invest. Forest. y Agropec. Centro Reg. de Invest. del Centro. México. pp. 24 -30.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2:176-177.
- Martínez, M. 1981. Las leguminosas del Estado de México. Dir. de Agric. y Ganadería del Edo. de Méx. México. pp. 79-81.
- Morales V, G. y Camacho M, F. 1985. Formato y Recomendaciones para evaluar germinación. III Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación Especial No.48. México. pp. 123- 138.
- Morfin L, L. y Camacho M, F. 1987. El palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.) una alternativa para la explotación forrajera de áreas tepetatosas. Ruiz, F. F. (Ed) Uso y Manejo de Tepetates para el Desarrollo Rural. Depto. de suelos. UACH. México. pp. 192-198.
- Morrow, L.A. ; Young, F. L. and, Flom, D. 1982. Seed germination and seedling emergence of jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). Weed Science 30 (4): 395-398.
- Niembro R, A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México; naturales e introducidos. Limusa. México. pp. 85-86.
- Paguirre L., J. F. C. y Camacho M., F. 1992. Velocidad de germinación de veintidós especies forestales tropicales. Ciencias Forestales en México. 17 (72): 3-26.
- Ochoa C., M. C. 1994. Tiempo de emergencia y constantes para estimar emergencia en especies forestales. Tesis Profesional de Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 56p.

- Prieto R., J. A. y Rubio Ch., F. 1987. Influencia de la profundidad de siembra en la emergencia y sobrevivencia de *Pinus engelmanni* Carr. en almácigo. En Avances de la Investigación Forestal en el Estado de Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Durango. Publicación Especial No. 1. pp. 10-13.
- Reyes C., P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. Trillas. México. pp. 257-290.
- Rzedowski, J. 1979 Principales comunidades vegetales. En Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. (Ed) Flora fanerogámica del Valle de México. CECSA. México. Vol. I. pp. 52.
- Sánchez, S.O: 1978. La Flora del Valle de México. Herrero México. 202 pp.
- Susano, H.R. 1981 Especies Forestales Susceptibles de Aprovechamiento como forraje. Ciencia Forestal vol. 6(29): 31-39.
- Tinus, R. W. and Mc Donald, S. E. 1979. How grow tree seedling in containers in greenhouses. USDA Forest Serv. Gral. Tech. Rep. RM- 60. USA. Pp. 142-148.
- Treviño G., J. L. 1981. Influencia del pH del agua de riego en el desarrollo y la micorrización de dos especies de pino, en invernadero. Tesis Prof. Ing. Agrón. Esp. en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. México. 131p.
- Werker, E. 1981. Seed dormancy as explained by anatomy envelopes. Journal of Botany 29: 22-44pp.
- Whittier P., F. 1919. *Eysenhardtia*. North American Flora. 24(1): 34-40.

## **IX. ANEXOS**

### **Anexo 1.**

#### **CONDUCCION DEL EXPERIMENTO**

Primeramente el día 19 de abril de 1995. se tomó el peso promedio de 4 muestras de 100 semillas, para determinar la cantidad que se utilizó en todo el diseño, la cual fue de 1920 semillas.

Posteriormente se llenaron las unidades experimentales con los dos sustratos utilizados, 32 vasos con arena de río y 32 con tierra de monte para un total de 64 unidades experimentales (21/04/95).

El día 02 de mayo de 1995, se realizaron las pruebas de germinación, para determinar la viabilidad de la semilla. Esta prueba consistió en contar 50 semillas y ponerlas en cajas de Petri sobre papel filtro humedecido, metiéndolas a la germinadora a 25 °C para tal efecto se utilizaron 4 cajas y 200 semillas en total; a la semilla se le quitó el pericarpio para dejarla sin barrera que le impidiera germinar, únicamente se vigilo que no les faltará humedad.

El día 05 de mayo de 1995, se obtuvieron los resultados de la prueba de germinación, con un 86% de semillas germinadas siendo el porcentaje satisfactorio para la utilización de la semilla.

Los días 16, 17 y 19 de mayo de 1995, se pusieron al nivel deseado los sustratos utilizados en las unidades experimentales para evaluar el efecto de la profundidad. Es importante señalar que todas las unidades experimentales a la hora de la siembra quedaron a un nivel de 1.00 cm. desde la boca del vaso hasta el sustrato.

Durante el 22, 24 y 26 de mayo 1995, se calculó la cantidad del sustrato por profundidad que se utilizo para tapar la semilla a la hora de la siembra, y que las unidades experimentales quedaran al nivel deseado.

Los días 2 y 5 de mayo 1995, se sometieron al tratamiento de remojo las semillas utilizadas en el diseño experimental (16.90 g.), el tiempo que se tuvieron en este tratamiento fue de 48 hrs. a temperatura ambiente (21 °C), en un recipiente de 2 lts. renovando el agua a las 24 hrs.

El día 06 de junio 95, se puso a secar la semilla en el invernadero a una temperatura de 30 °C aproximadamente durante 24 hrs.

Del 7 al 8 de junio 1995, se contó la semilla que se utilizo en todo el diseño experimental. El total de semillas utilizadas fue 1920.

El día 9 de junio 1995 se procedió a la siembra de las diásporas de *Eysehardia polytachya*. También a partir de este día se tomaron los datos de número de semillas germinadas por unidad experimental cada tercer día, además de registrarse las temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero.

El 21 julio de 1995, se contó el total de semillas muertas por ahogamiento, el cual fue de 165 plántulas, lo que equivale a un 23% del total.

## Anexo 2

Emergencia de plántulas de Palo dulce en relación con la profundidad de siembra, la posición de la diáspora en esta y el sustrato empleado (En la primer columna, el numero es la profundidad en cm; la primera letra corresponde a la posición: V=vertical, H=horizontal; la segunda letra es el sustrato: A=arena, T=tierra).

Trata- miento	Or- dinal	6	9	Días trans 12	curri 17	dos 19	desde 21	la 24	siem 26	bra 38	31	33	35
0.50HT	1	0	2	8	14	15	15	15	15	15	15	15	15
0.25HT	2	0	1	6	14	16	16	17	18	19	19	19	19
0.25HA	3	0	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11
0.00HA	4	0	2	5	12	14	14	15	15	15	15	15	15
0.50HT	5	0	0	5	7	7	8	9	9	9	9	9	9
0.25VA	6	0	1	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8
0.25HA	7	3	11	11	16	16	16	16	16	16	16	16	16
1.00VT	8	0	1	6	19	20	20	20	23	24	24	24	24
0.50VA	9	0	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.25VT	10	1	4	8	9	14	14	14	14	15	15	15	15
1.00HA	11	0	8	13	21	21	22	22	22	22	22	22	22
0.25HT	12	0	6	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1.00VT	13	0	2	8	14	16	16	16	16	16	16	16	16
1.00VT	14	0	2	10	20	20	22	22	24	24	24	24	24
0.00HT	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.00HT	16	0	3	6	9	9	9	9	11	11	11	11	11
0.00VA	17	0	4	5	8	10	10	10	10	11	11	11	12
1.00VA	18	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.00HT	19	0	2	8	14	16	16	16	16	18	18	18	18
0.25HA	20	0	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11
0.50HT	21	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.50VT	22	0	1	1	7	8	8	8	8	8	8	8	8
0.25VA	23	0	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.00HA	24	0	6	19	21	21	21	21	21	22	22	22	22
0.25HT	25	0	4	13	20	21	21	22	23	24	25	25	25
0.25VT	26	0	3	3	10	12	13	13	14	14	15	15	15
0.00HA	27	0	0	0	2	6	6	6	6	6	6	6	6
1.00VA	28	0	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.00HT	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.00VA	30	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.00HT	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.00VT	32	0	1	4	14	18	18	18	18	18	18	18	18
0.00HT	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.25VA	34	0	0	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7
0.50VT	35	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1.00VT	36	0	2	8	14	15	16	17	19	19	19	19	19
1.00HA	37	1	7	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1.00HA	38	0	5	11	17	18	19	19	19	19	19	19	19

Anexo 2. Continuación

Trata- miento	Or- dinal	Días		trans	curri	dos	desde	la	siem	bra			
		6	9	12	17	19	21	24	26	28	31	33	35
0.50HA	39	0	7	10	11	12	12	13	13	13	13	13	13
0.25VT	40	0	0	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7
0.50VA	41	0	0	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.50VA	42	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.00HA	43	0	0	1	6	6	9	9	9	9	9	9	9
1.00VA	44	0	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6
0.50VA	45	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1.00HT	46	0	1	9	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1.00HT	47	0	2	11	14	14	14	14	16	16	16	16	16
0.00VT	48	0	2	4	9	10	12	13	13	13	13	13	13
0.00VA	49	0	6	8	14	14	14	14	15	15	15	15	15
0.25VA	50	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6
0.50VT	51	0	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5
0.50HA	52	0	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.00HA	53	0	0	0	3	4	6	6	6	6	6	6	6
0.25HA	54	2	8	12	12	12	14	15	15	15	15	15	15
0.00VA	55	0	7	7	15	15	17	17	17	17	17	17	17
0.25VT	56	0	3	7	13	14	14	15	15	17	18	18	18
0.00VA	57	0	1	5	15	15	15	16	16	16	16	16	16
0.50HA	58	0	10	11	11	13	13	13	13	16	16	16	16
0.00VT	59	0	0	5	12	13	13	15	15	17	18	19	19
0.50HA	60	0	4	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8
0.25HT	61	0	3	8	12	13	13	13	13	13	13	13	13
0.50HT	62	0	1	6	8	8	9	9	9	10	10	10	10
0.50VT	63	0	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10
0.00VT	64	0	0	2	13	13	14	14	14	14	15	15	16