



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Dodonaea viscosa*, EN  
RELACIÓN CON EL SUSTRATO, LA TEMPERATURA Y LA LUZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

GISELA GASCA GARCÍA



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

TUTOR: ING. AGR. FRANCISCO CAMACHO MORFIN

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

### Hoja de Datos del Jurado

<p>1. Datos del alumno          Apellido paterno:          Apellido materno:          Nombre (s)          Teléfono:          Universidad:          Facultad o escuela:          Carrera:          No. de cuenta:</p>	<p>1. Datos del alumno.          Gasca          García          Gisela          55 16 10 46          Universidad Nacional Autónoma de México          Facultad de Ciencias          Biología          076130278</p>
<p>2. Datos del tutor          Grado          Nombre(s)          Apellido paterno:          Apellido materno:</p>	<p>2. Datos del tutor          Ingeniero Agrónomo          Francisco          Camacho          Morfin</p>
<p>3. Datos del sinodal 1          Grado          Nombre (s)          Apellido paterno          Apellido materno</p>	<p>3. Datos del sinodal 1          Dra.          María de Lourdes          Segura          Valdez</p>
<p>4. Datos del sinodal 2          Grado          Nombre (s)          Apellido paterno          Apellido materno</p>	<p>4. Datos del sinodal 2          M. en C.          María del Pilar          De la Garza          López de Lara</p>
<p>5. Datos del sinodal 3          Grado          Nombre (s)          Apellido paterno          Apellido materno</p>	<p>5. Datos del sinodal 3          M. en C.          Carlos          Mallén          Rivera</p>
<p>6. Datos del sinodal 4          Grado          Nombre (s)          Apellido paterno          Apellido materno</p>	<p>6. Datos del sinodal 4          M. en C.          Efraín          Velasco          Bautista</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito.          Título:            No. de páginas:          Año:</p>	<p>7. Datos del trabajo escrito.          Germinación de semillas de <i>Dodonaea viscosa</i>, en relación con el sustrato, la temperatura y la luz.          46p.          2008</p>

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Rosa María García Huertas y Emiliano Gasca Blanco, quienes gracias a ellos estoy materializando un sueño. Para ellos mi agradecimiento, mi amor y cariño.

A mis hermanos:

María del Rocío, Yazmín, Emiliano, José Martín y Ragasteins con los que en las buenas y las malas he compartido mi vida. Para ellos mi respeto y cariño.

A mi *Alma mater*:

La Universidad Nacional Autónoma de México y con un especial sentimiento a la Facultad de Ciencias.

A mis maestros:

Para ellos muchas gracias.

A Francisco Camacho Morfin:

Que siempre tuvo paciencia y me brindó su ayuda desinteresada en la elaboración de este trabajo. Para él mi más grande agradecimiento.

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>I. OBJETIVOS.....</b>	
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos particulares.....	2
<b>II. ANTECEDENTES.....</b>	
2.1 Ubicación taxonómica.....	3
2.1.1 Descripción.....	3
2.1.2 Distribución y hábitat.....	4
2.1.3 Tipos de vegetación.....	5
2.1.4 Fenología.....	5
2.1.5 Importancia.....	6
2.2 Germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	6
2.2.1 Requerimientos para que se realice la germinación.....	8
2.2.2 Etapas de la germinación de una semilla.....	9
2.2.3 Ocurrencia de la germinación.....	10
2.2.4 Características de la curva de germinación. ....	11
2.2.5 Efectos de algunos elementos del medio sobre la germinación.	12
2.3 Conceptos sobre latencia.....	14
2.3.1 Manifestación de la latencia en semillas.....	15
2.3.2 Causas de latencia.....	15
2.3.3 Aspectos sobre semillas con testa impermeable al agua.....	16
2.3.4 Mecanismos de eliminación del efecto de la testa impermeable	17

2.3.5 Efecto de la temperatura de incubación sobre la impermeabilidad.....	18
2.4 Tratamientos para eliminar la impermeabilidad de la testa.....	19
2.4.1 Agua caliente.....	19
2.4.2 Productos cáusticos.....	19
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	
3.1 Material biológico.....	21
3.2 Unidad experimental.....	21
3.3 Tratamientos evaluados.....	21
3.3.1 Temperatura de incubación.....	21
3.3.2 Iluminación.....	21
3.3.3 Preparación de presiembra de las semillas.....	21
3.3.4 Sustrato.....	22
3.4 Diseño experimental.....	23
3.5 Variables de respuesta.....	23
3.6 Análisis estadísticos.....	24
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	
4.1 Coeficiente de variación.....	25
4.2 Significancia de factores e interacciones.....	26
4.3 Comparaciones de medias de tratamientos.....	26
4.4 Agrupaciones de medias para el porcentaje de germinación.....	28
<b>DISCUSIÓN.....</b>	38
<b>CONCLUSIONES.....</b>	40
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	41
<b>Palabras clave: germinación, semillas, <i>Dodonaea viscosa</i> eliminación de impermeabilidad, tratamientos para germinación.</b>	

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tratamientos evaluados combinando temperatura, preparación de presiembra y sustrato.....	22
Cuadro 2.	Coeficiente de variación con relación a la transformación aplicada para datos de germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	25
Cuadro 3.	Significancia observada para la raíz cuadrada, calculada en análisis de varianza de la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	27
Cuadro 4.	Efecto del sustrato y la disposición de luz sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 20°C.....	28
Cuadro 5.	Efecto del sustrato y la preparación sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 20°C.....	28
Cuadro 6.	Efecto del sustrato sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 25°C.....	29
Cuadro 7.	Efecto de la preparación sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 25°C.....	29
Cuadro 8.	Efecto de la preparación sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	29
Cuadro 9.	Efecto del sustrato y la disposición de luz sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	30
Cuadro 10.	Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación sobre la germinación de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 35°C.....	30
Cuadro 11.	Efecto de la preparación sobre semillas duras o impermeables de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 20°C y 25°C.....	31
Cuadro 12.	Efecto del sustrato y la disposición de luz sobre semillas duras o impermeables de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 25°C.....	31

Cuadro 13	Efecto de la preparación sobre semillas duras o impermeables de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	32
Cuadro 14.	Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación sobre semillas, duras o impermeables de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 35°C.....	32
Cuadro 15	Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación de semillas firmes de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 20°C.....	33
Cuadro 16	Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación de semillas firmes de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 25°C.....	33
Cuadro 17.	Efecto del sustrato de semillas firmes de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	34
Cuadro 18	Efecto de la luz sobre semillas firmes de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	34
Cuadro 19.	Efecto del sustrato, disposición de luz y la preparación de semillas firmes de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 35°C.....	35
Cuadro 20.	Efecto del sustrato en semillas podridas de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 20°C y 25°C.....	35
Cuadro 21.	Efecto del sustrato y la disposición de luz en semillas podridas de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	36
Cuadro 22.	Efecto de la disposición de luz y la preparación de semillas podridas de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 30°C.....	36
Cuadro 23.	Efecto del sustrato, disposición de luz y la preparación de semillas podridas de <i>Dodonaea viscosa</i> en cajas de petri a 35°C.....	37

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Grafica de germinación.....	11
Figura 2	Diseño experimental.....	23

## RESUMEN

El chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) es un arbusto con un interesante potencial de uso múltiple en México; sin embargo, su producción en vivero presenta problemas, pues sus semillas son impermeables, por lo que sin tratamiento presenta una baja germinación. Para resolver esta situación se realizó un experimento constituido por siembras en incubadoras, que incluyeron los tratamientos obtenidos al combinar los siguientes factores: iluminación (con dos niveles luz y oscuridad; la última se logró envolviendo individualmente en papel aluminio las cajas de petri), preparación de presembrado (incluyó semillas testigo sin preparación y semillas tratadas con agua a 75°C durante 7 minutos), sustrato (con dos niveles: suelo de bosque y papel filtro de poro mediano) y temperatura de incubación (con cuatro niveles, 20°C, 25°C, 30°C y 35°C).

Las siembras se efectuaron en cajas de petri, con un periodo de incubación de 12 días, al final del cual se contó el número de semillas germinadas, las que deberían tener una radícula de 0.5 cm de longitud, así mismo las semillas no germinadas se clasificaron dentro de las siguientes categorías dependiendo de su consistencia: evidentemente muertas, firmes y duras.

Todas estas variables se sometieron a análisis de varianza, previo al cual los datos de las cuatro variables de respuesta evaluadas, se transformaron a arco seno, raíz cuadrada y logaritmo. Al tomar como criterio tener un coeficiente de variación menor al 20% para que los datos produjeran un análisis de varianza confiable, se encontró que era conveniente hacer el análisis estadístico de los datos transformados a raíz cuadrada.

En la variable de semillas germinadas se encontró que el factor sustrato tuvo un efecto significativo cuando actuó en interacción con la luz tanto a 20°C como a 30°C, a 25°C actuó en forma independiente, en cuanto a la preparación pregerminativa actuó sin interacción de la luz a 20°C y a 35°C interaccionó tanto con la luz como con el sustrato, en el resto de las temperaturas operó en forma independiente.

En cuanto a las semillas duras se observó que la preparación pregerminativa en todas las temperaturas evaluadas tuvo un efecto significativo, únicamente se registro interacción a 25°C y a 35°C para los factores sustrato y luz.

En cuanto a las semillas firmes se encontró que tanto a 20°C como a 25°C ningún factor e interacción fue significativo. Las cantidades de semillas firmes se incrementaron al incubar a 30°C y a 35°C. A 30°C hubo un efecto estadísticamente importante en las variables sustrato y luz, mientras que a 35°C fue en sustrato y preparación pregerminativa, así como en luz, sustrato y preparación pregerminativa; con respecto a las semillas podridas el factor sustrato tuvo un efecto estadísticamente importante, que actuó en forma independiente a 20°C y a 25°C; a 30°C tuvo una interacción con la luz y a 35°C la interacción fue con la luz y la preparación pregerminativa.

## INTRODUCCIÓN

México es un país con una gran diversidad biológica, ya que cuenta con una amplia gama de especies de flora y fauna, debido principalmente por su variedad de climas, topografía, suelos, así como lo ubican en su posición geográfica, intermedia entre Norteamérica y Sudamérica, que pertenecen a las regiones Neártica y Neotropical, respectivamente.

Al igual que muchos otros países del mundo, México sufre desde hace tiempo un alarmante proceso de erosión del suelo. En este aspecto, nuestro país cuenta con una gran variedad de especies arbustivas silvestres con buen potencial para su explotación debido a sus características como recuperadoras de suelos, además de su utilidad como medicamentos, en la elaboración de leña, carbón y mangos para herramienta, cercas vivas, postes de alumbrado o incluso como ornamentales, entre las que se encuentra el chapulixtle *Dodonaea viscosa* L. Jacq.

Frecuentemente, al trabajar con semilla de esta planta en viveros, se obtienen bajas germinaciones debido a la presencia de una testa impermeable que impide la imbibición de las semillas.

El fenómeno anterior se conoce como dormición o latencia física (Camacho, 1994a), el cual es un mecanismo adaptativo que en la naturaleza, requiere de eventos ambientales que propicien condiciones adecuadas para que las plantas producidas tengan mayor probabilidad de madurar hasta llegar a reproducirse. Algunos de los elementos que participan en la ruptura de la impermeabilidad se encuentran la temperatura del medio, el paso por el tracto digestivo de algunos animales, la abrasión contra las partículas del suelo, el ataque de los hongos, fluctuaciones en el contenido de humedad de las semillas, entre otras. En la propagación artificial, la germinación de las semillas con testa impermeable, cuando ocurre, se lleva a cabo de forma lenta y poco uniforme, lo cual hace necesario el empleo de algún tratamiento que permita eliminar este inconveniente.

Tales tratamientos generalmente implican la escarificación mecánica, la inmersión en agua caliente o en ácido sulfúrico. El primero de ellos, a pesar de ser efectivo, ha probado ser un método poco práctico debido a la falta de aparatos adecuados o por ser laboriosa su aplicación manual. En el caso de los otros dos, también han resultado ser efectivos en muchas ocasiones, sin embargo, es necesario determinar la intensidad con que deben aplicarse, es decir, la duración de las inmersiones y en el caso del agua caliente, también la temperatura de aplicación de la misma.

Con el fin de obtener información útil para la propagación de *Dodonaea viscosa*, se realizó un experimento en el Laboratorio del INIFAP, que incluyó tratamientos de *D. Viscosa* en diferentes temperaturas, luz y tipo de sustrato.

## I OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL:

Observar el efecto de los factores luz, sustrato, temperatura e inmersión en agua caliente sobre la germinación de *Dodonaea viscosa*.

### 1.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

Determinar la necesidad de aplicar una preparación pregerminativa para estimular la germinación de *Dodonaea viscosa*.

Determinar el patrón de germinación de las semillas de *Dodonaea viscosa* tomando en cuenta el tratamiento con agua caliente y temperaturas de 20°, 25°, 30° y 35° C.

Comparar la germinación que se obtiene en siembras iluminadas con la que se presenta en siembras mantenidas en oscuridad.

Observar la importancia del factor sustrato sobre la germinación de *Dodonaea viscosa*.

## II ANTECEDENTES

### 2.1 UBICACIÓN TAXONÓMICA

Chapulixtle *Dodonaea viscosa*. L Jacq.

Esta especie pertenece a la división Magnoliophyta, clase magnoliopsida, subclase Rosidae, orden Sapindales, familia Sapindaceae, género *Dodonaea* (Cronquist, 1981) y especie *Dodonaea viscosa* (L.) Enum. Pl. Carib. 19.1760, la cual presenta las siguientes sinonimias en la literatura:

*Ptelea viscosa* L. Sp. Pl. 118.1753 (Standley y Steyermark, 1946).

*Dodonaea schiedeana* Schlecht. In Linnaea xviii (1844) 33 ) err. Typ. 49. (West, 1984).

Debido a su amplia distribución en el mundo, presenta muchas otras sinonimias. Está planta es conocida comúnmente como “Chapulixtle” en México, “ocotillo” en Guanajuato e Hidalgo, “jirimu” en Michoacán, “granadina” en Baja California, “jarilla” en Oaxaca y Morelos, “hierba de la cucaracha” en Durango, “Cuerno de cabra” en Oaxaca, “varal” y “munditos” en Hidalgo (Martínez, 1979).

#### 2.1.1 DESCRIPCIÓN (Marroquín, 1985; Sánchez, 1979; West, 1984)

**Forma:** Arbusto de 1 a 5 m de alto, perennifolio, vísido y muy resinoso, resistente a la sequía.

**Ramas:** Extendidas o erectas, glabras y aglutinantes; ramillas anguladas o aplanadas, usualmente con ligeras nervaduras.

**Hojas:** Simples, lineares u oblongo-lanceoladas, de 5 a 12 cm de largo, sésiles o levemente pecioladas, atenuadas en la base, agudas o redondeadas en el ápice, glabras y resinosas en el haz, pubescentes o glabras en el envés.

**Flores:** Amarillentas unisexuales, actinomorfas, en corimbos cortos laterales, perianto de 2 a 5 tépalos; tépalos de 3 mm de largo; androceo de 5 a 8 estambres con filamentos cortos, anteras oblongo – lineares.

**Fruto:** Cápsulas samaroide, trilocular, glabra, de 1.5 a 2.5 cm de ancho, de color cobrizo, con tres alas, frecuentemente con una semilla, aunque en ocasiones contiene hasta tres.

**Semillas:** Globosa, de un tamaño de 3.1 x 2.9 mm; color negro; forma circular, ampliamente obovado, geometría tridimensional; textura lisa y glabra; con depresiones.

Es una semilla ligeramente estrecha hacia la base del hilo, presenta ligeras depresiones que forman pliegues en la testa donde también se aprecia una fina capa de puntos, el hilo es circular y con un engrosamiento de tono amarillento (Castillo *et al.*, 2002.) Las semillas presentan embriones bien diferenciados, cuyos cotiledones enrollados en espiral constituyen la mayor parte de las semillas. Su

cubierta, aunque es relativamente delgada, es impermeable y el contenido de humedad es bajo, por lo general se mantiene menor al 10%.

El método de cosecha sugerido para desprender los frutos consiste en sacudir o varear las ramas, los cuales se recogen con lienzos de tela o plástico extendidos previamente en el suelo bajo los arbustos. Un kilogramo de frutos, producen aproximadamente entre 200 y 500 gramos de semillas limpias; un promedio de 100,000 semillas por kilogramo.

Las semillas se extraen moliendo en seco los frutos y separando la basura por soplado, o pisoteando los frutos con el propósito de molerlos y obtener una mezcla con las semillas, la cual se deposita en cubetas con agua, con el fin de hacer flotar las cascarillas y separar las semillas que se hunden. Terminada la separación es necesario extender y asolear el material durante uno o dos días, de modo que pueda secarse para evitar pudrición o germinación.

## **2.1.2 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT**

El chapulixtle es una planta cosmopolita de las zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo, se encuentra en diversos sitios como Australia, África, Nueva Zelanda y América (West, 1984). En México se distribuye de manera natural, se encuentra en zonas templadas, subtropicales y tropicales, de casi todo el país creciendo en una amplia variedad de suelos, incluyendo los someros, rocosos y con fuertes pendientes.

*Dodonaea viscosa* se desarrolla en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,400 m. Es muy flexible, se establece en suelos con buen drenaje, arenosos, arcillosos, y de someros a profundos con pendientes ligeras a pronunciadas (Camacho 2000).

Tolera tanto climas semiáridos, como subhúmedos, preferentemente con sequía invernal; al parecer, los climas húmedos con lluvias todo el año no le son favorables (Camacho *et al.*, 1993).

Esta especie es una planta muy exigente de iluminación solar, prefiere los sitios bien expuestos, pues los sitios sombreados producen plantas raquíticas que son atacadas por cenicillas en la temporada húmeda (Camacho *et al.*, 1993 y 2000).

En el Valle de México el chapulixtle suele encontrarse con frecuencia en las zonas bajas del Pedregal de San Ángel (Rzedowski, 1954), donde aparece como un arbusto con una altura promedio de 3 m y una forma básica triangular invertida. Se establece en grietas existentes entre las rocas basálticas, presentando una abundante deposición de hojarasca (Camacho *et al.*, 1991 y 2000).

También se localiza en Texcoco, Pachuca y de Xochimilco a Naucalpan, en altitudes de 2300 a 2600 m (Marroquín, 1985). En lomeríos de esta última

localidad, encontraron ejemplares creciendo sobre tepetate compacto con alturas promedio de 1.7m (Camacho *et al.*, 1991), mientras que en toba removida alcanzaron unos 4 m, observándose deposición de hojarasca, en algunos lugares de hasta 4 cm de espesor, encontrando abundante emergencia de plántulas provenientes de semilla; también localizaron muchas plantas dañadas por incendios con abundante rebrote, característica importante para su sobrevivencia.

### **2.1.3 TIPOS DE VEGETACIÓN**

Según Rzedowski y Huerta (1978), el chapulixtle forma los matorrales más típicos que aparecen después de la destrucción de los encinares, sin embargo, no se deben considerar como la etapa sucesional del bosque de encinos, aunque si se trata de una pionera de vegetación secundaria en zonas perturbadas.

En México, las principales comunidades vegetales donde se encuentra *Dodonaea viscosa* como el componente más abundante o como un elemento secundario son las siguientes: ( Grether, 1982 y Puig, 1991).

A) Bosque esclerofilo con agrupación mesohigrofolia donde el género *Quercus* es francamente dominante.

B) Bosque claro aciculifolio, los cuales son formaciones de transición entre los bosques tropicales de altitudes frescas y húmedas y los matorrales de las estepas del territorio semiárido de las mesetas altas.

C) Matorral submontano situado principalmente en la Sierra Madre Oriental, desde Nuevo León, al norte, hasta Hidalgo, al sur.

D) Bosque tropical bajo caducifolio.

E) Matorral mediano inerme que se desarrolla como una comunidad secundaria en las laderas donde antes hubo encinar.

### **2.1.4 FENOLOGÍA**

Un aspecto relevante es el observado en época de sequía, en el cual uno de los pocos elementos conspicuos que permanecen verdes es el chapulixtle, dentro de los matorrales xerófilos en que habita (Camacho *et al.*, 1993).

Los chapulixtles producen semillas todos los años; como retienen por mucho tiempo sus frutos maduros, se cosecha en cualquier época, pero los mayores rendimientos se obtienen de diciembre a abril, es decir en la temporada seca (Camacho 2000).

### **2.1.5 IMPORTANCIA**

Esta planta produce los tutores hortícolas más apreciados en el centro de México, tiene un buen potencial ornamental para la formación de setos en áreas con temporal limitado y sin riego, es capaz de crecer en suelos muy erosionados favoreciendo su regeneración con una abundante caída de hojarasca (Camacho, 2003), (Plata, Sánchez y Orozco, 2001).

En diversas partes del mundo *Dodonaea viscosa* se utiliza con fines medicinales, sobre todo las hojas, las cuales sirven para controlar fiebre, cólicos, reumatismo, enfermedades venéreas y algunas veces como anestésico (West, 1984, Gutiérrez, 2000 y Hernández 2001). En ciertas localidades es usado para la elaboración de leña, carbón y mangos para herramienta, los troncos se utilizan para postes de alambrado (Piaggio 2003) así como, para construcciones rústicas, especialmente para las paredes llamadas de barenque o bajareque (Camacho *et al.*, 1993).

Respecto al empleo ornamental del chapulixtle en otros países se ha recomendado como un arbusto útil en el sur de los Estados Unidos de América, para hacer setos podados o informales hasta de 4.5 m de altura. Refiere también que las semillas colectadas en Arizona, producen plantas más resistentes que las obtenidas de semillas importadas de Australia.

Estas últimas frecuentemente son de la variedad "purpúrea" y tienen el follaje con un tinte rojizo, en vez de verde claro que se tiene en individuos silvestres. (Clark 1967). Se ha recomendado plantar setos de chapulixtle como cortinas rompevientos para viveros en zonas secas (Goor y Barney, 1968).

Camacho *et al.*, (1991), observaron en el Municipio de Naucalpan, Estado de México, que esta especie evidentemente se ha empleado como elemento de jardinería. Se trata de individuos que nacidos espontáneamente en los jardines, se les cuida por su atractivo follaje. Básicamente se les encontró conformando setos bajos de 0.5 a 1.5 m y como individuos aislados de más de 2 m (Gutiérrez , 2000).

### **2.2 GERMINACIÓN DE *Dodonaea viscosa***

Oliviera, Toro y Camacho, (1992) mencionan que la germinación de *Dodonaea viscosa* es baja, debido a que sus semillas presentan una cubierta impermeable. La aplicación de tratamientos como estratificación, tiourea, giberelina y remojo en agua a temperatura ambiente, no produjeron incrementos de la germinación, en cambio, observaron que el mayor estímulo germinativo se logra con la inmersión en agua 75°C; en este caso, los porcentajes superaron al 85%, con duraciones del tratamiento de 3 a 6 minutos; el tiempo de germinación de las semillas tratadas fue de 11 días.

Dependiendo del sitio de colecta la germinación de las semillas tratadas varía de un 50 a un 98% siempre y cuando se le aplique un tratamiento con agua caliente a

75°C por 6 minutos. Sin el cual la germinación es inferior al 5%. (Camacho *et al.*, 1991). En diferentes pruebas realizadas en el CENID-COMEF, INIFAP, se ha encontrado que para obtener la germinación, hay que colocar las semillas dentro de una bolsa de mosquitero de plástico, para sumergirlas en agua a 75°C, de 3 a 8 minutos y después pueden ser sembradas o bien secarlas y permanecer almacenadas hasta un mes. No se recomienda la inmersión en agua hirviendo, dado que en algunas colecciones ha sido perjudicial. (Camacho *et al.*, 1991).

Chipole (1995) señala que sin tratamiento la emergencia en suelo de *D. viscosa* fue de casi la cuarta parte de las semillas sembradas, la inmersión en ácido sulfúrico concentrado de 30 a 90 minutos, produjo bajas calidades de emergencia respecto a las obtenidas con agua a 75°C, lo que se acentuó al incrementar la duración del tratamiento, obteniéndose menores porcentajes germinativos, en todos los estadios evaluados.

Burrows (1995), simulando las condiciones ambientales que se dan a lo largo del año de Nueva Zelanda, observo relación entre las temperaturas y la germinación, teniendo mejor desarrollo en primavera-verano, a temperaturas altas para germinar, siendo el principal problema, la impermeabilidad. En semillas sembradas con fruto hay propiedades antibióticas, no se encontró una notable diferencia debida a la siembra en suelo respecto a la realizada en papel, tampoco un estímulo debido a la disponibilidad de luz, por su parte el fruto retraso la germinación y el pinchado de las semillas la estimuló.

Rauch *et al.*, (1997), mencionan que las semillas son impermeables (hard), y que para estimular la germinación hay que ponerlas en agua hirviendo, quitarlas de la fuente de calor y remojarlas por 24 horas.

Terrones *et al.*, (2004) y Cervantes y Sotelo (2002) indican que el tratamiento para estimular la germinación del chapulixtle consiste en remojar las semillas durante 24 horas, mientras que Oliviera, Toro y Camacho (1992), por su parte señalan que este tratamiento no elimina la impermeabilidad.

Baskin *et al.*, (2004). citan que la resistencia de la testa al agua es más frecuente en las semillas procedentes de Australia, Brasil, Hawai, México y Nueva Zelanda, que en las originarias de China, India y Pakistán, aunque esto responde al momento en que se cosecha el material.

Rauch *et al.*, (1997) mencionan que las semillas de *D. viscosa* son duras y para propiciar su germinación hay que ponerlas en agua hirviendo y enseguida dejarlas en remojo durante 24 h. Otros autores concuerdan con la inmersión en agua a temperatura ambiente por periodos de 24 h (Terrones *et al.*, 2004; Cervantes y Sotelo, 2002).

Baskin *et al.*, (2004) observaron que en el caso del chapulixtle la escarificación mecánica indujo altos porcentajes de emergencia radicular dentro de una gama de regímenes de temperatura, en luz blanca y en oscuridad, así como con

exposiciones prolongadas a luz del rojo lejano, mientras que sin escarificar no absorbieron agua. Además, el calor seco de 80 a 160°C y el sumergir las semillas en agua a ebullición por lapsos de uno a 60 segundos, también elimina la impermeabilidad con resultados similares en porcentaje; sin embargo, es más lenta que la germinación con el primer tratamiento descrito. Los autores citan que la resistencia al agua de la testa de *Dodonaea viscosa* es más frecuente en procedencias de Australia, Brasil, Hawaii, México y Nueva Zelanda, que en las originarias de China, la India y Paquistán, aunque esto puede responder al momento en que se cosecha el material.

Alarcón *et al.*, (2006) encontraron que con el remojo en agua a temperatura ambiente, las semillas de *Dodonaea viscosa* alcanzaron un poco más del 10% de germinación, mientras que con el tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico concentrado al 98% grado industrial, a temperatura de 1°C, por 95 minutos, la germinación mejoró de manera significativa alcanzando valores cercanos a 55%, independientemente de que la siembra se hubiera realizado con material, embebido o seco. Con la aplicación adicional de dos ciclos de remojo y secado se obtuvo un valor superior al 80% de germinación.

### **2.2.1 REQUERIMIENTOS PARA QUE SE REALICE 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. Para que esto ocurra son necesarias las siguientes condiciones (Camacho, 1994 a y b; Ginzo 1980; Hartmann y Kester, 1987):

a) Viabilidad: Cualidad de una semilla de estar viva lo cual a pesar de ser una condición para la germinación, no implica que pueda realizarse. En varias especies la viabilidad se conserva aunque las semillas tengan bajos contenidos de humedad (menos de 10% del peso fresco), en algunas otras como los encinos y muchas especies de sitios cálido-húmedos la viabilidad se pierde cuando las semillas se secan a menos del 20%.

b) Quiescencia: 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, implica que la semilla no haya germinado anteriormente.

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.

c) Ambiente adecuado para el proceso: Para que la germinación pueda realizarse, se requiere de suficiente humedad para que las semillas se embeban, de una composición gaseosa similar a la de las primeras capas de la biosfera y una temperatura entre 10°C y 30°C que permita el crecimiento vegetal.

d) Ausencia de latencia: Es decir se requiere que no exista un mecanismo fisiológico que impida la germinación una vez que se tienen las condiciones ambientales adecuadas; una semilla quiescente o en quiescencia, germina 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**

El proceso germinativo implica que, morfológicamente, el embrión de la semilla, se transforma en una plántula (Jann y Amen, 1987). Dividiendo el proceso de una manera sencilla se han definido las siguientes etapas (Camacho, 1994 a y b; Hartmann y Kester, 1987):

a) Absorción de agua o imbibición: Las semillas de muchas especies, antes de ser liberadas 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 humedad. En otras especies, éstas son liberadas con contenidos de humedad superiores al 20% y para germinar requiere pequeñas cantidades de agua. En todo caso el medio no debe ser propicio para desecar a las semillas.

b) Activación de los sistemas de información y síntesis: La imbibición se realiza aun 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, 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, que deben separarse como azúcares sencillos y aminoácidos, con el fin de ser asimilados por el embrión.

d) Translocación de los compuestos sencillos de los tejidos nutritivos al eje embrionario: Los primeros pasos de la germinación se realizan con los nutrientes presentes en el embrión, conforme se incrementa la respiración, la síntesis de nuevos compuestos y al iniciarse el crecimiento, se aumenta la demanda de nutrientes, los cuales deben llevarse en formas asimilables desde los tejidos nutritivos.

e) Crecimiento del embrión: El proceso germinativo culmina cuando la semilla se transforma en una plántula, lo que implica el incremento de tamaño del embrión, debido primero al crecimiento de la radícula y la plúmula. Antes de que se desarrollen los órganos fotosintéticos, la plántula sufre una pérdida de peso seco.

f) Establecimiento: Cuando se activan los órganos fotosintéticos, el peso seco de las plántulas deja de disminuir, llega el momento en que la fotosíntesis produce una tasa positiva de asimilación; se dice que una plántula se ha establecido, cuando deja de depender de los tejidos nutritivos legados por la planta madre.

### **2.2.3 OCURRENCIA DE LA GERMINACIÓN**

El concepto de ocurrencia de la germinación, varía según los autores, los objetivos y los métodos empleados para estudiarla; se considera que inicia 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 bien cuando estas se descubren fácilmente, se considera que ocurrió la germinación 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, y no se clasifican germinadas aquellas que presentan albinismo, carezcan de raíz o tengan deformaciones que impidan un desarrollo 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 del sustrato; el desarrollo requerido va desde la salida del brote o gancho de emergencia al estiramiento de éste, incluso puede esperarse la expansión de los protófilos u hojas iniciales, o hasta la expansión de los metáfilos hojas secundarias similares a las de la planta adulta y frecuentemente diferentes de los protófilos (Camacho 1994 a y b).

Resulta conveniente señalar que a lo largo del trabajo se utilizan con frecuencia los términos emergencia y germinación, estas palabras podrían causar confusión por lo que es necesario definir las. En términos prácticos se considera que una semilla ha germinado cuando la radícula sale a través de las cubiertas en siembras realizadas sobre sustratos que permitan la observación directa (papel, agrolita, algodón, etc.); en siembras realizadas en suelos se considera que ha ocurrido la germinación cuando la plúmula sobresale del suelo (Ochoa, 1994).

## 2.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA CURVA DE GERMINACIÓN

Una forma sencilla y completa de estudiar la germinación es el análisis de las curvas que se obtienen al graficar la germinación acumulada respecto al tiempo (Camacho, 1994), donde son evidentes las fases de inicio, incremento y estabilización (Figura 1).

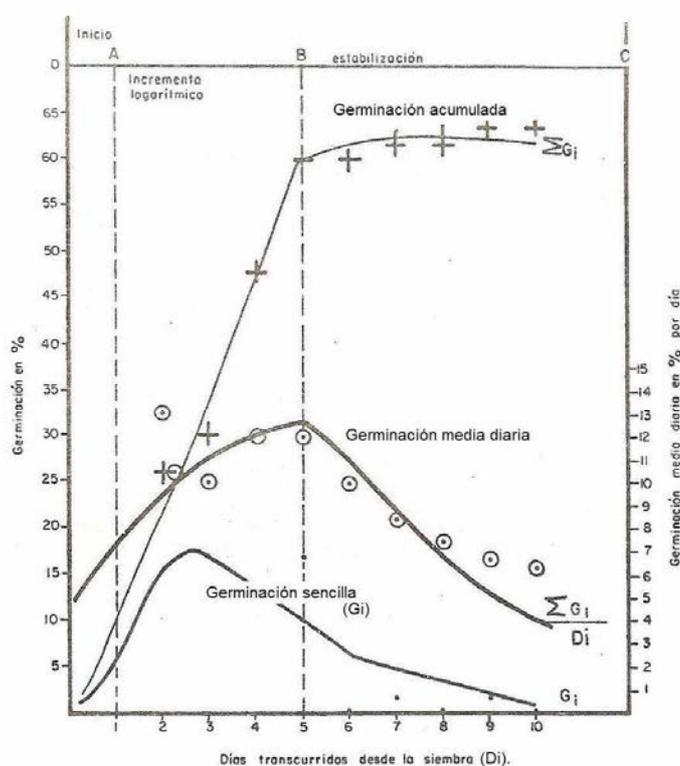


Figura 1. Curvas típicas de germinación (Morales y Camacho, 1984)

La crítica más fuerte en el análisis a este gráfico, es el riesgo de hacer apreciaciones subjetivas acerca de las diferencias existentes entre las curvas, dado que no permite hacer comparaciones estadísticas. Al observar las curvas de germinación acumulada, se aprecian a primera vista las siguientes características (Camacho, 1994 b):

a) Capacidad: Es el porcentaje de la germinación final y se visualiza como la altura máxima alcanzada en la etapa de estabilización, lo cual representa la capacidad de la muestra para germinar, por lo que a mayor altura se tiene mejor germinación.

b) Tiempo: Se refiere a la cercanía de las curvas al eje de los porcentajes. Esta distancia incluye forzosamente la etapa de inicio, comprende también alguna fracción de las etapas de incremento rápido y de estabilización.

c) Uniformidad: Esta característica se encuentra muy ligada al tiempo y se refleja en la inclinación general de la gráfica obtenida, especialmente en la etapa de incremento rápido. Muestras con curvas cercanas a la vertical indican gran uniformidad, el tiempo que transcurre entre las primeras germinaciones y las últimas es corto; conforme las curvas sean más inclinadas disminuye la uniformidad pues dicho tiempo se incrementa.

d) Tasa: Es la velocidad del fenómeno referida como germinación acumulada por unidad de tiempo, se visualiza como la inclinación en cada punto de las etapas, misma que a partir del inicio se va acercando a la vertical, hasta llegar a un máximo que señala el fin del incremento rápido; a partir de ese punto la inclinación se va reduciendo hasta llegar a la horizontal.

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

e) Interrupciones: En algunos casos, se presentan sinuosidades; es decir, una o más etapas de estabilización temporales. Esta característica que únicamente se detecta gráficamente, se relaciona tanto con lapsos en que el ambiente es desfavorable como en muestras de poblaciones de semillas con distintas curvas lo último es una manifestación del polimorfismo germinativo.

## **2.2.5 EFECTO DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL MEDIO SOBRE LA GERMINACIÓN**

### **Temperatura**

Los medios artificiales frecuentemente utilizan temperaturas constantes, sin embargo en uno natural se presenta una variación de la temperatura diaria y estacional (Camacho, 1994 a), la cual se reduce conforme se incrementa la profundidad a la que esta enterrada una semilla en el suelo (De Fina, 1945). En algunas especies como *Ericarmeria austrotexana* la germinación es favorecida por temperaturas constantes y tiende a reducirse o retrasarse con temperaturas oscilantes (Mayeux, 1982). En otras plantas y en el intervalo de 6°C a 35°C, las temperaturas constantes son menos favorables que las oscilantes, siempre y cuando la variación no supere a los 15°C. Se sabe que en este último caso el efecto de la temperatura depende más de su promedio que de sus valores extremos (Camacho, 1994 b).

La curva de respuesta de la germinación en todas las plantas describen una campana con respecto a la temperatura, tanto para la capacidad como para el tiempo de germinación. En estas se reconocen tres puntos cardinales: las temperaturas mínima, máxima y en la parte central el óptimo el cual depende de la especie trabajada (Camacho, 1994 b).

Para la capacidad germinativa la campana se abre hacia abajo, con el óptimo ubicado en la parte más alta de la curva; en cambio para el tiempo de germinación el óptimo corresponde a la parte baja (Camacho, 1994 b). UN ejemplo de esto es la germinación de *Cecropia obtusifolia* a diferentes temperaturas (Vázquez, 1979).

Las temperaturas óptimas para el porcentaje y velocidad de germinación se encuentran desfasados ya que este factor afecta más al tiempo que a la capacidad (Camacho, 1994 b), como se encontró en *Ericameria austrotexana* (Mayeux, 1982).

## Luz

Aunque las semillas quiescentes germinan fácilmente tanto iluminadas como en obscuridad, la luz tiene un efecto definitivo en las semillas latentes de algunas especies; una exigencia de luz para inducir este proceso indica latencia (Camacho, 1994 a). Las semillas se ha clasificado a de acuerdo con su reacción a la luz en (Camacho, 1994 a y Orozco, 1989):

a) Fotoblásticas positivas: Las que requieren de luz por ejemplo: *Lactuca sativa* y *Nicotiana tabacum*.

b) Fotoblásticas negativas: Aquellas que se inhiben por la luz, como *Acanthostachis* spp, *Phacelia tanacetifolia*, *Nemophila insignis* y *Nigella* spp.

c) Indiferentes: Hay un grupo de especies cuya reacción germinativa es insensible a la luz, tal es el caso de *Zea mays*.

En general para que la germinación de las semillas sea estimulada por la luz deben estar embebidas, no obstante hay casos en que estando secas son capaces de reaccionar. Esto se ha observado en *Pinus resinosa* y en algunos cultivares de *Lactuca sativa* en los cuales se han notado, además, que las semillas secas requieren para responder al estímulo de mayores intensidades que las embebidas. Es importante señalar que el efecto de la aplicación de luz a las semillas embebidas no se pierde cuando éstas se secan y se manifiesta cuando se les pone a germinar (Camacho, 1994 a).

## Otros efectos de la luz sobre la germinación

La clasificación anterior no es exacta, pues se han encontrado un gran número de variaciones en estos patrones básicos porque a ciertas temperaturas la reacción de las semillas a la luz cambia y la germinación de las fotoblásticas positivas

puede ser inhibida por la luz mientras que las fotoblásticas negativas en ocasiones son estimuladas (Camacho, 1994 a; Ginzo, 1980; Orozco, 1989). El efecto de la luz sobre la germinación resulta de la combinación de los siguientes factores:

a) Longitud de onda: Se ha encontrado que la luz blanca y roja (de 600 a 700 nm) tienden a inducir la germinación, mientras que la violeta (menos de 480 nm) y sobre todo la infrarroja (más de 700 nm), tienen un efecto contrario aún en las semillas quiescentes (Camacho, 1994 a; Ginzo, 1980; Orozco, 1989), éste último tipo de luz prevalece bajo una sombra densa de follaje vivo (Fenner, 1985; Besnier, 1988). La luz de color verde tiende a presentar un efecto parecido al de la obscuridad: no inhibe la germinación de las semillas quiescentes, pero tampoco la induce en las durmientes (Camacho, 1994 b).

b) Intensidad: En exposiciones cortas menores a 60 minutos, una mayor intensidad agudiza el efecto de la longitud de onda. En cambio en exposiciones más largas independientemente del color, altas intensidades (28 m w cm<sup>-2</sup>) tienden a inhibir la germinación (Camacho, 1994 a; Ginzo, 1980; Nikolaeva, 1969; Orozco, 1989).

c) Duración: Aunque muy ligado a lo anterior, hay especies en que la germinación es favorecida por exposiciones menores de 12 horas como en *Betula pubescens* y en otras por los lapsos, mayores de 12 horas por ejemplo *Lepidium* spp. Esta reacción al fotoperíodo también es alterada por la temperatura y la intensidad; en *Tsuga canadensis* es de día corto de 17 a 20° C y de día largo a 27° C; el tabaco puede germinar después de una exposición de 0.01 segundos a luz intensa mientras que con baja intensidad requieren de una exposición de 15 minutos (Camacho, 1994 a; Ginzo, 1980).

Una exposición prolongada de alta intensidad inhibe la germinación, a este respecto de *Amaranthus fimbriatus* inicia este proceso en bajo porcentaje en la obscuridad y cuando son expuestas de 1 a 3 horas alcanzan el 100% pero si la exposición se prolonga más de 6 horas el porcentaje decrece hasta alcanzar un valor cercano a cero (Nikolaeva, 1969; Ginzo, 1980).

### **2.3 CONCEPTOS SOBRE LATENCIA**

Según Becerril y Rodríguez (1991) y Camacho (1994 a) en el idioma español se han usado las palabras: dormancia, dormición, latencia, letargo, reposo y vida latente, en un sentido amplio para referirse a la ausencia o inhibición del crecimiento vegetal, debida tanto a condiciones ambientales desfavorables, como a mecanismos fisiológicos adaptativos que impiden al crecimiento en un medio que de otra manera sería adecuado al desarrollo de las plantas. Estrictamente el concepto se ha referido a la presencia de estos últimos, y se emplea la palabra quiescencia para indicar la inhibición debida al ambiente.

En el presente trabajo se empleó la palabra latencia para referirse a la inhibición del crecimiento en general y de la germinación en particular.

El término se restringió al estado en que se encuentra una semilla que no germina a pesar de que disponga de condiciones adecuadas tales como suficiente humedad para embeberse, una ventilación similar a la de las primeras capas de un suelo bien aireado y una temperatura entre 10° y 30° C que permita el crecimiento vegetal. (Besnier, 1989; Camacho 1994 a).

Becerril y Rodríguez (1991), con base en los trabajos de Lang (1987) y Lang *et al.*, (1987) han propuesto usar los términos: a) endoletargo: para latencia que resulta de una condición fisiológica residente en el embrión. Paraletargo: para latencia que reside en las cubiertas y que impide el crecimiento del embrión. b) ecoletargo: para la quiescencia, donde los factores ambientales de temperatura, agua y luz son necesarios para obtener el crecimiento.

### **2.3.1 MANIFESTACIÓN DE LA LATENCIA EN SEMILLAS**

Se puede afirmar que en las poblaciones de semillas hay latencia cuando su germinación es incompleta, pues una parte de sus elementos permanecen mucho tiempo firmes, es decir se embeben pero no germinan, ni se pudren; o bien permanecen duras, es decir que ni siquiera absorben agua (Camacho, 1994 a). Con base en esto se define como una latencia total al caso en que ninguna semilla germine, y parcial cuando una fracción de la población estudiada pueda hacerlo (Besnier, 1989)

También se considera latencia cuando las semillas, individuales o en conjunto tardan en completar su germinación (Camacho 1994 a). El primer caso da origen a una latencia intermitente, y ocurre en un lapso prolongado ya sea en forma continua, o bien esporádica (Besnier, 1989). Y finalmente hay latencia cuando la población es extremadamente sensible al medio ambiente, ya que para realizarse requiere de condiciones determinadas de iluminación, temperatura o composición de la atmósfera entre otros. (Camacho, 1994 a).

### **2.3.2 CAUSAS DE LA LATENCIA**

De acuerdo con Nikolaeva (1977), Werker (1981), Estrada *et al.*, (1992) y Camacho (1994 a), los mecanismos causantes de la latencia pueden estar tanto en las cubiertas más externas al ambiente como en los tejidos internos. Los mecanismos causantes de la latencia son:

a) Impermeabilidad de las cubiertas al agua: Lo cual impide que se lleve a cabo la imbibición de las semillas (Besnier, 1989; Camacho 1994 a; Rolston, 1978; Werker, 1981).

b) Baja permeabilidad de las cubiertas a los gases: Inhibe la germinación generalmente por una baja disponibilidad de oxígeno y dificulta la expulsión del bióxido de carbono (Besnier 1989; Camacho 1994 a; Nikolaeva 1977; Werker, 1981).

c) Resistencia mecánica de las cubiertas al crecimiento del embrión: Esto puede ser ejercido por toda una cubierta, o por la parte de ésta que ésta en contacto con la radícula (Camacho, 1994 a; Nikolaeva, 1977; Werker, 1981).

d) Presencia de inhibidores químicos en las cubiertas de la semilla más expuestas al ambiente: La falta de germinación en este caso resulta de sustancias tales como sales, fenoles o cumarinas, que por su potencial osmótico o por su efecto fisiológico, impiden el crecimiento del embrión; en este caso su pérdida por lixiviación ocurre sin dificultades cuando se exponen al remojo (Camacho 1994 a; Nikolaeva, 1977).

e) Permeabilidad selectiva de las cubiertas a los reguladores del crecimiento: Como pueden ser el ácido abscísico, giberelina o citocinina, entre otros, impidiendo la salida de inhibidores presentes en el embrión o su cercanía (Camacho, 1994 a; Werker, 1981).

f) Bloqueos metabólicos: Se manifiestan en una incapacidad de los embriones para iniciar un crecimiento activo. En algunos es tan fuerte que ni siquiera pueden hacerlo después de ser liberados de sus cubiertas. Todo esto se liga con balances hormonales desfavorables al crecimiento, en los cuales es frecuente un alto contenido de hormonas como citocinina, giberelina y ácido abscísico, entre otros (Besnier, 1989; Camacho 1994 a; Werker; 1981).

g) Embriones rudimentarios: Para que la germinación se realice es necesario que el embrión complete su desarrollo por lo que existen dos casos. Algunos embriones tienen cierta diferenciación y sólo requieren de crecer un poco más para que ocurra la germinación mientras que otros, además del crecimiento del embrión, necesitan diferenciación de cotiledones, plúmula y radícula (Beisner, 1989; Camacho, 1994 a; Nikolaeva, (1977).

### **2.3.3 ASPECTOS SOBRE SEMILLAS CON TESTA IMPERMEABLE AL AGUA**

Considerando que el problema que presenta la germinación de la especie en estudio, es su testa impermeable al agua, y de acuerdo a lo señalado por los autores citados en la parte correspondiente a propagación de la especie, se decidió hacer énfasis en este mecanismo inhibitorio.

Muchas leguminosas y algunas plantas de las familias Anacardiaceae, Cannaceae, Chenopodiaceae, Convallariaceae, Geraneaceae, Liliaceae, Malvaceae, Rhamnaceae, Sapidaceae y Solanaceae, entre otras, producen semillas que tienen una testa impermeable al agua (Beisner, 1989; Camacho, 1994 a; Rolston, 1978; Werker, 1981), o semillas duras, nombre que reciben por que su mecanismo inhibitorio provoca que al final de las pruebas de germinación, quede una cantidad de semillas cuyo volumen y dureza no se modifican, por lo cual son difíciles de partir (Hartman y Kester, 1987; Moreno, 1984; Rolston, 1978).

Es importante mencionar que este tipo de semillas son resultado de la presencia de una testa impermeable, y no de la existencia de un pericarpio leñoso, (Beisner, 1989; Camacho 1994 a; Nikolaeva, 1977; Werker, 1981), y que se diferencian por su aspecto poco brillante y su testa gruesa proveniente del pericarpio (Camacho, 1994 a).

Las testas impermeables poseen una o más capas que consisten en células de paredes gruesas altamente compactadas, sin estomas entre ellas, y depósitos de algunos compuestos hidrofóbicos (Werker, 1981). Aunque la anatomía de la testa es variable en las especies, una característica común es la presencia de una capa de células de macroesclerénquima en empalizada, con las paredes engrosadas especialmente en la cara exterior, donde se observa la llamada línea de luz, originada por los cambios de composición química de la pared celular y en la orientación de las micro fibrillas (Werker, 1981). Otra característica que se comparte es que todas las perforaciones naturales de la cubierta, como el micrópilo, hilio y fisuras chalazales, se encuentran obturadas por tapones de parénquima e incluso por masa de macroesclerénquima (Rolston, 1978 y Werker, 1981).

El origen de la impermeabilidad se ha atribuido a la gran compactación de las células de macroesclerénquima que ocurre durante el secado (Werker, 1981), así como, a la presencia de ceras en las cutículas externas, la suberización y cuticularización de las puntas de las macroescleroides, a la depositación en sus paredes de sustancias impermeabilizantes (como taninos, ligninas y quininas) y a la formación de capas compuestas por pectinas insolubles (Rolston, 1978 y Werker, 1981).

Las plantas que presentan latencia física sólo tienen una parte de sus semillas con impermeabilidad, mientras que el resto son quiescentes cuyas características anatómicas son similares. La producción de semillas impermeables en un lote se relaciona con la especie, variedad domesticación, humedad atmosférica durante su maduración. Entre las diferencias que denotan permeabilidad e impermeabilidad se han encontrado cambios en pigmentación y depósitos de calosa (Camacho, 1994 a).

#### **2.3.4 MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DEL EFECTO DE LA TESTA IMPERMEABLE**

Las semillas dejan de ser duras cuando se pierde la impermeabilidad en algún sitio de la testa, o bien en los taponamientos del micrópilo, hilio o la brecha chalazal (Camacho, 1994 a).

En la naturaleza, esta condición se pierde debido a fluctuaciones de temperatura y humedad del suelo, así como abrasión contra las partículas de este, ataque de microbios, congelamiento, paso a través del tubo digestivo de algunos animales y calentamiento sufrido por las semillas durante un incendio; artificialmente la imbibición se logra, con tratamientos, que impliquen abrasión, aplicación de

cáusticos, calentamiento y golpeteo (Camacho, 1994 a; Hartmann y Kester, 1987; Rolston, 1978; Werker, 1981).

El efecto de los choques térmicos en semillas con latencia física es la formación de fisuras por separación de grupos de células del macroesclerénquima, debido a diferencias en la expansión de las partes de la testa (Camacho, 1994 a; Hartmann y Kester, 1987). En muchos casos la impermeabilidad se pierde porque además de la degradación del macroesclerénquima, los ácidos disuelven sus puntas y la abrasión las perfora, dejando los lúmenes expuestos y convirtiéndolos en vías para la entrada de agua. También se ha observado que las hifas de los hongos penetran a través de estas células y ocasionan el mismo efecto (Camacho, 1994 a; Rolston, 1978; Werker, 1981).

### **2.3.5 EFECTO DE LA TEMPERATURA DE INCUBACIÓN SOBRE LA IMPERMEABILIDAD**

La temperatura de incubación tiene un importante efecto en la germinación de semillas duras; en varias especies de leguminosas se ha encontrado que esta se incrementa conforme aumenta la temperatura en el intervalo de 6° C a 30° C, y que la oscilación entre 20° C y 30° C o 40° C también la mejora notoriamente. La exposición a 40° C o más antes de la siembra, incrementa el número de semillas germinables y amplía el intervalo en que lo logran. También, una aplicación de temperaturas menores a 10° C, previas a la siembra la favorece (Camacho, 1994 a).

Flores (1984) observó que las semillas de *Enterobium cyclocarpum* sometidas a 40° C por 7 días, mostraron al embeberse numerosas grietas, las que se iniciaron en el pleurograma y se extendieron hacia los lados de la testa, rompiendo la impermeabilidad y permitiendo la germinación en un lapso de dos o tres días. Dicho autor menciona que durante la sequía en el bosque tropical seco de Costa Rica, la pérdida de impermeabilidad, ocurre en forma natural de esta manera.

En *E. cyclocarpum* se ha demostrado que el tratamiento es indispensable para obtener la germinación en laboratorio al incubar a 25° C (Ramírez y Camacho, 1987), mientras que su aplicación no se requirió en siembras realizadas a 30° C (Ramírez, 1994).

Sosa (1987), obtuvo un comportamiento parecido al anterior, en semillas de *Tamarindus indica* cuando se incubaron entre 45° C y 26° C, de forma intermitente pues la impermeabilidad se pierde en 15 días. Wong *et al.*, (1993), obtuvieron que las temperaturas altas inducen la pérdida de esta *Ipomea purpurea* en un intervalo que va del 40 a un 94%.

No obstante, debe recordarse que en muchas especies el tratamiento es un requisito indispensable en vivero, a pesar de que se realicen siembras en invernadero, como lo encontraron González *et al.*, (1992) en: *Acacia farnesiana*, *A.schaffneri* y *Dodonaea viscosa*. Así mismo, Ramírez (1994), observó que la incubación a 30°C, no eliminan la impermeabilidad de *Delonix regia*.

Vázquez (1975) reporta que en el intervalo de 16°C a 36°C la germinación de *Ocroma lagopus*, sin perforar la testa, se mantuvo por debajo del 10%, en una colección en que las semillas con la testa dañada podían alcanzar el 90%. También la aplicación de bajas temperaturas ayuda a la eliminación de la impermeabilidad de la testa, Jordan y Jordan (1982) encontraron que *Convolvulus arvensis* expuesta a 5°C por 21 y 42 días, germinaron en un 55 y 85 % respectivamente, mientras que las semillas sin tratar sólo alcanzaron el 10%.

## **2.4 TRATAMIENTOS PARA ELIMINAR LA IMPERMEABILIDAD DE LA TESTA**

Las especies con semillas impermeables sin tratar tienen generalmente una germinación baja y, en muchos casos requiere de mucho tiempo para realizarse ya que sucede frecuentemente en forma esporádica. Los tratamientos que se usan para mejorarla implican la perforación de las testas, ya sea a nivel macro o microscópicos y entre las más empleadas se encuentran:

### **2.4.1 AGUA CALIENTE**

Además de eliminar la impermeabilidad, el agua caliente desinfecta la superficie de las semillas. La temperatura y duración de la inmersión determinan su efecto sobre la impermeabilidad y viabilidad. Se puede realizar en alguna de estas tres formas (Camacho, 1994 a):

a) Vertimiento directo a las siembras: Las semillas sembradas en almácigos se cubren con costales de yute o un material similar y sobre ellos se vierte una gran cantidad de agua hirviendo. Este método, tiene como ventaja que se desinfecta el suelo, sus limitantes son los peligros inherentes al manejo de grandes volúmenes de agua hirviendo, así como, a la falta de control de la temperatura y duración del tratamiento.

b) Inmersión larga: El agua se calienta en un recipiente hasta que hierve, se retira del fuego y se sumerge una cantidad de semillas que represente de una décima a una cuarta parte del volumen del agua empleada; estas deben permanecer en el agua incluso 24 h o más.

Como en este procedimiento las semillas se embeben y se hinchan, tiene la ventaja de permitir la separación por cribado de las que aún son impermeables, para volver a tratarlas. Sin embargo tienden a pegarse y se dificulta su distribución, por lo que deben sembrarse inmediatamente, pues si no se les seca germinan en unos cuantos días. Por otra parte los resultados obtenidos no son consistentes de una aplicación a otra, porque dependen de la velocidad de enfriamiento del agua, que es función de la cantidad del material del recipiente, y de las condiciones atmosféricas.

c) Inmersión corta: Las semillas se sumergen en agua dentro de una canastilla o un saco de malla lo que permite un buen control tanto de la temperatura, pues esta debe ser constante, como de la duración del tratamiento. No se recomienda usar agua en ebullición porque frecuentemente es letal y puede inducir anomalías. Es mejor emplearla entre 70° C y 92° C.

## **2.4.2 PRODUCTOS CÁUSTICOS**

La inmersión de las semillas en estas sustancias implica grandes riesgos para los operarios, quienes deben de ser cuidadosos y, protegerse con anteojos, guantes y delantales resistentes a los ácidos y álcalis. Se debe contar también con una abundante provisión de agua corriente. Es conveniente trabajar al aire libre, para disminuir las molestias debidas a los vapores tóxicos liberados.

Generalmente se usa ácido sulfúrico concentrado del tipo industrial, aunque también se utiliza lejía. Es importante que, al momento de la preparación de soluciones gotee lentamente el cáustico en el agua, ya que verterlo directamente provoca una reacción violenta. Al poner las semillas en el producto cáustico, la temperatura se eleva, por lo que hay que cuidar que se encuentre entre los 15° C y 26° C, y no dejar que rebase los 30° C, pues el calentamiento puede matar a las semillas. Si éstas estuvieron en refrigeración, hay que dejarlas en el envase cerrado hasta que su temperatura se equilibre con la del ambiente para evitar que se humedezcan.

La duración del tratamiento depende de la especie y varía de diez minutos a seis horas, al final de este lapso se procede a lavar las semillas con agua corriente. Después del tratamiento con ácido, conviene secar las semillas para almacenarlas. Las ventajas son que se requiere poco equipo, es fácil de conseguir y, es de bajo costo.

### **III MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de semillas forestales del CENID COMEF Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Coyoacán, D. F.

#### **3.1 MATERIAL BIOLÓGICO**

Las semillas de *Dodonaea viscosa* se recolectaron en noviembre de 1997 en el Municipio de Naucalpan, Estado de México, y presentaba una viabilidad del 84%.

#### **3.2 UNIDAD EXPERIMENTAL**

Consistió de una caja de petri con 50 semillas dentro, a la cual se le anotaron los datos correspondientes al tratamiento con tinta indeleble. En total se emplearon 128 cajas, el sustrato a emplear fue papel o tierra, dependiendo del tratamiento, como se especifica en las siguientes secciones.

#### **3.3 TRATAMIENTOS EVALUADOS**

Este experimento se realizó en agosto del siguiente año, estuvo constituido por siembras en incubadoras (Cuadro 1), las cuales incluyeron los 32 tratamientos obtenidos al combinar los factores: temperatura (cuatro niveles), iluminación (dos niveles), preparación de presiembra (dos niveles) y sustrato (dos niveles).

##### **3.3.1 TEMPERATURA DE INCUBACIÓN.**

Las temperaturas empleadas fueron: 20° C, 25° C, 30° C y 35° C. Para obtener cada una de ellas se empleo una incubadora distinta, la cual tenía charolas en su interior y una puerta transparente. Dentro de cada una de estas cámaras se introdujo en forma aleatoria, el material correspondiente a las combinaciones de los factores restantes (iluminación, preparación de presiembra y sustrato), es decir ocho tratamientos con cuatro repeticiones, con lo que resultan 32 unidades experimentales.

##### **3.3.2 ILUMINACIÓN.**

Se tuvieron dos niveles: a) con acceso a la luz difusa que pasaba a lo largo del día por la puerta transparente de la incubadora y b) obscuridad, que se logro envolviendo individualmente en papel aluminio cada caja de petri.

##### **3.3.3 PREPARACIÓN DE PRESIEMBRA DE LAS SEMILLAS**

Se tomo una muestra de 6400 semillas, la mitad se deposito dentro de una bolsa de mosquitero de plástico con el fin de realizar inmersión por 7 minutos en agua a 75° C (Camacho *et al.*, 1994), la temperatura del agua se controlo regulando la fuente de calor de acuerdo con las lecturas obtenidas con un termómetro. Luego se dejaron secar en una charola con papel por un día, posteriormente se dividieron

en 64 grupos con 50 semillas cada uno. El resto de la muestra se uso como testigo, siguiendo la misma división.

### 3.3.4 SUSTRATO

La mitad de las siembras se realizaron en cajas de petri con una capa de papel filtro de poro mediano como sustrato y el resto en cajas con una capa de suelo de bosque de 1 cm de espesor. Este último sustrato tuvo un pH neutro, una textura franca y 11% de materia orgánica. En ambos casos el riego se efectuó con agua de la llave como lo recomienda Moreno (1996) humedeciendo el sustrato de manera que no se tuviera una película de agua alrededor de cada semilla sembrada.

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados combinando iluminación, temperatura, preparación de presiembra y sustrato.

Número	Temperatura	Iluminación	Preparación de presiembra	Sustrato
1	20° C	con luz	Sin	Tierra
2	20° C	con luz	Con	Tierra
3	20° C	sin luz	Sin	Tierra
4	20° C	sin luz	Con	Tierra
5	20° C	con luz	Sin	Papel
6	20° C	con luz	Con	Papel
7	20° C	sin luz	Sin	Papel
8	20° C	sin luz	Con	Papel
9	25° C	con luz	Sin	Tierra
10	25° C	con luz	Con	Tierra
11	25° C	sin luz	Sin	Tierra
12	25° C	sin luz	Con	Tierra
13	25° C	con luz	Sin	Papel
14	25° C	con luz	Con	Papel
15	25° C	sin luz	Sin	Papel
16	25° C	sin luz	Con	Papel
17	30° C	con luz	Sin	Tierra
18	30° C	con luz	Con	Tierra
19	30° C	sin luz	Sin	Tierra
20	30° C	sin luz	Con	Tierra
21	30° C	con luz	Sin	Papel
22	30° C	con luz	Con	Papel
23	30° C	sin luz	Sin	Papel
24	30° C	sin luz	Con	Papel
25	35° C	con luz	Sin	Tierra
26	35° C	con luz	Con	Tierra
27	35° C	sin luz	Sin	Tierra
28	35° C	sin luz	Con	Tierra
29	35° C	con luz	Sin	Papel
30	35° C	con luz	Con	Papel
31	35° C	sin luz	Sin	Papel
32	35° C	sin luz	Con	Papel

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Dado que el supuesto de distribución aleatoria de las unidades experimentales se cumplió dentro de cada cámara pero no entre cámaras, se considero que los 32 tratamientos aplicados conformaron cuatro experimentos con un diseño completamente al azar, uno en cada temperatura: 20° C, 25° C, 30° C y 35° C (Figura 2).

En cada cámara por lo tanto se evaluaron los tratamientos resultantes de combinar dos niveles de tratamiento, dos niveles de iluminación y dos niveles de sustrato, es decir un experimento trifactorial.

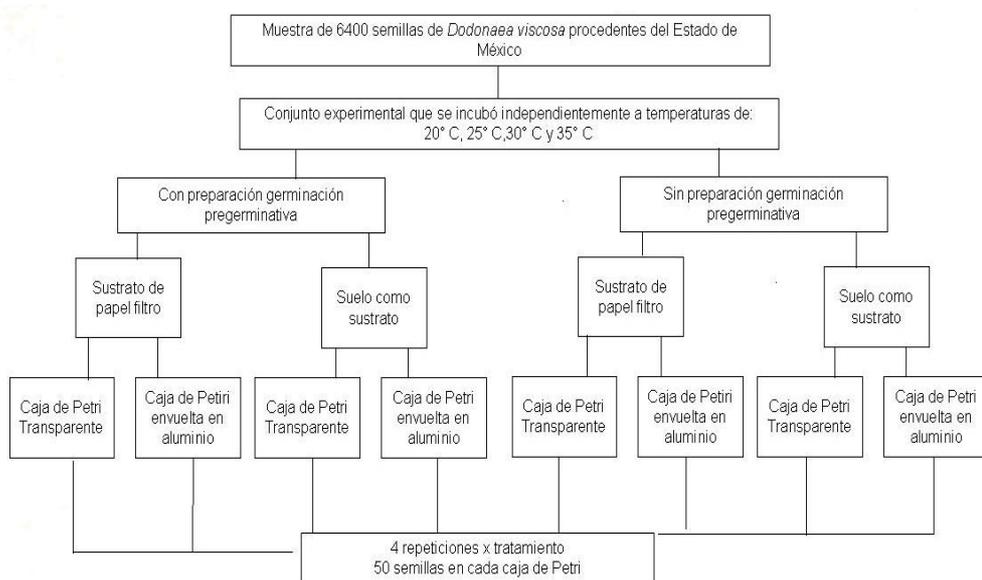


Figura 2. Secuencia experimental seguida para estudiar la germinación de *Dodonaea viscosa*

### 3.5 VARIABLES DE RESPUESTA

La duración del experimento fue de 12 días, con una evaluación al final, en la que para cada unidad experimental, se contó el número de semillas germinadas, las cuales deberían tener radícula de por lo menos 0.5 cm de longitud. Así mismo, se determinó el porcentaje de semillas que quedaron bajo las siguientes categorías definidas por Camacho (1994 b):

a) Germinadas: Aquellas que presentan emergencia de radícula; lo que esta variable indica la capacidad de una muestra para producir plantas.

b) Evidentemente muertas: Las embebidas con signos notables de descomposición, por ejemplo deshacerse al ser tocadas, exudación de líquidos viscosos y las vanas (las que carecen de embrión y/o tejido nutritivo). Como una semilla que tenga micelio en su exterior no necesariamente está podrida, fue necesario cortarlas para examinar su interior. Las semillas podridas frecuentemente resultan de efectos letales de los tratamientos.

C) Firmes: Las que se embebieron pero no germinaron ni tuvieron signos evidentes de descomposición y es fácil cortarlas. Estas son las que permanecen latentes y sirven para detectar mecanismos inhibitorios de la germinación, distintos a la impermeabilidad de las semillas.

D) Duras: Las que no se embeben, por lo que mantienen secos sus tejidos internos, lo cual se determina porque tienen la misma consistencia y volumen que presentaban cuando fueron sembradas, por lo que son difíciles de cortar. Las semillas duras o impermeables indican la presencia de una restricción al paso del agua.

Cada uno de estos porcentajes proporcionan información acerca de la capacidad de los tratamientos para mejorar la germinación y de los daños que éstos pudieron producir en las semillas.

### **3.6-ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Para cada variable se efectuó un análisis de varianza para el experimento trifactorial con diseño completamente al azar. Con el fin de mejorar el ajuste a los supuestos de esta técnica matemática, se realizó la transformación a raíz cuadrada, logaritmo y arco seno en caso de proporciones. La transformación se empleó cuando el coeficiente de variación superó al 20%, se eligió la transformación que produjera el menor coeficiente de variación (Reyes, 1978).

Las pruebas de medias se realizaron de acuerdo con la significancia de factores e interacciones, teniendo prioridad estas sobre aquellos (Reyes, 1978).

## IV RESULTADOS

### 4.1 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

El análisis de varianza que se consideró confiable con un coeficiente de variación menor al 20%. Con base en esto, se realizaron transformaciones a los datos con la finalidad de reducir dicho coeficiente, pues sin este procedimiento los valores alcanzados excedían el límite, tal como se muestra en el cuadro 2. Los datos más convenientes para aplicar el estadístico fueron los de raíz cuadrada.

**Cuadro 2.** Coeficiente de variación con relación a la transformación aplicada para datos de germinación de *Dodonaea viscosa*.

20°C	Sin	Raíz cuadrada	Logaritmo	Arco seno
Germinadas	21.63	12.37	7.49	15.36
Duras	33.40	18.85	18.40	24.78
Firmes	101.84	40.49	26.09	49.52
Podridas	240.00	52.65	210.97	210.41

25°C	Sin	Raíz cuadrada	Logaritmo	Arco seno
Germinadas	11.88	7.77	5.69	10.45
Duras	14.34	12.89	21.78	16.31
Firmes	58.91	29.68	29.92	34.28
Podridas	144.25	57.74	107.10	109.42

30°C	Sin	Raíz cuadrada	Logaritmo	Arco seno
Germinadas	22.91	16.80	15.06	18.27
Duras	28.72	15.85	21.09	21.21
Firmes	34.95	18.02	11.93	20.65
Podridas	84.73	47.09	54.61	59.76

35°C	Sin	Raíz cuadrada	Logaritmo	Arco seno
Germinadas	30.63	18.56	19.38	22.86
Duras	39.58	16.65	10.88	21.89
Firmes	39.86	22.60	15.57	27.71
Podridas	69.53	40.85	46.46	50.12

## **4.2 SIGNIFICANCIA DE FACTORES E INTERACCIONES**

En la variable germinadas se encontró que los factores sustrato y la preparación pregerminativa tuvieron un efecto significativo sobre el cual no siempre fue independiente (Cuadro-3); en el caso de la preparación pregerminativa no tuvo interacción con la luz a 20°C, pero a 35°C interaccionó simultáneamente con este factor y con el sustrato; en el resto de las temperaturas evaluadas estuvo exento de la influencia de otros elementos, por su parte el sustrato tuvo un efecto significativo cuando interactuó con la luz tanto a 20°C como a 30°C.

Las semillas duras, que no se embebieron al fin del experimento, mostraron que la preparación pregerminativa en todas las temperaturas evaluadas tuvo un efecto significativo, y únicamente a 35°C se registro interacción tanto con el factor sustrato como con la luz; dentro de esta misma variable se vio que la interacción sustrato con luz sólo fue significativa a 25°C y a 35°C. En cuanto a las firmes, aquellas que se embebieron y que no mostraron signos de descomposición, se encontró que tanto a 20°C como a 25°C ningún factor e interacción fue significativo. Las cantidades de semillas firmes se incrementaron al incubar a 30°C y 35°C; en ambos casos se mostró significancia, en la primera hubo un efecto estadísticamente importante en sustrato y luz, mientras que a 35°C; el sustrato y la preparación pregerminativa fueron las importantes. A esta última temperatura se registró una interacción en los tres factores.

Con respecto a las semillas podridas los efectos importantes estadísticamente fueron: el sustrato que actuó independientemente a 20°C y 25°C; así mismo, este factor interactuó con luz y preparación de presiembra a los 30°C, mientras que a los 35° C además de la luz, se relaciono con la preparación germinativa.

## **4.3 COMPARACIONES DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS**

Lo anterior sirve de base para realizar las comparaciones de medias, las cuales en algunos casos deberán ser aquellas resultantes de las interacciones y en otras las medias obtenidas de los factores (Cuadro 3), por ejemplo en germinadas a 25°C únicamente habrá que comparar las dos obtenidas por los sustratos, y por otra parte las dos obtenidas por la preparación pregerminativa. En cambio para esta misma variable a 30°C será necesario hacer dos tipos de comparaciones, en primer lugar las cuatro medias en la interacción sustrato-luz y en segundo lugar, debido a que el factor preparación pregerminativa no interaccionó, habrá que comparar las dos medias obtenidas con y sin preparación. Lo presentado para esta misma variable define el método para realizar las pruebas de medias.

**Cuadro 3.** Significancia observada para la raíz cuadrada calculada en análisis de varianza de la germinación de *Dodonaea viscosa*

Germinadas	20°C	25°C	30°C	35°C
Sustrato	0.320NS	0.011*	0.000**	0.000**
Luz	0.146NS	0.835NS	0.192NS	0.553NS
Preparación	0.000**	0.000**	0.000**	0.064NS
Sustrato-luz	0.047*	0.554NS	0.021*	0.256NS
Sustrato-preparación	0.026*	0.533NS	0.253NS	0.012*
Luz-preparación	0.749NS	0.629NS	0.246NS	0.642NS
Sustrato-preparación	0.562NS	0.178NS	0.095NS	0.034*

Semillas duras	20°C	25°C	30°C	35°C
Sustrato	0.654NS	0.309NS	0.945NS	0.253NS
Luz	0.129NS	0.320NS	0.603NS	0.857NS
Preparación	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
Sustrato-luz	0.680NS	0.037*	0.660NS	0.015*
Sustrato-preparación	0.635NS	0.710NS	0.569NS	0.253NS
Luz-preparación	0.834NS	0.103NS	0.088NS	0.855NS
Sustrato-preparación	0.274NS	0.276NS	0.749NS	0.015*

Semillas firmes	20°C	25°C	30°C	35°C
Sustrato	0.148NS	0.121NS	0.000NS	0.000**
Luz	0.172NS	0.573NS	0.010NS	0.784NS
Preparación	0.077NS	0.095NS	0.288NS	0.028*
Sustrato-luz	0.058NS	0.120NS	0.681NS	0.962NS
Sustrato-preparación	0.276NS	0.903NS	0.099NS	0.649NS
Luz-preparación	0.558NS	0.561NS	0.505NS	0.583NS
Sustrato-preparación	0.717NS	0.513NS	0.565NS	0.014*

Semillas podridas	20°C	25°C	30°C	35°C
Sustrato	0.015*	0.005*	0.000**	0.000**
Luz	1.000NS	0.575NS	0.108NS	0.627NS
Preparación	1.000NS	0.931NS	0.201NS	0.634NS
Sustrato-luz	0.989NS	0.575NS	0.005NS	0.635NS
Sustrato-preparación	0.989NS	0.130NS	0.198NS	0.962NS
Luz-preparación	0.194NS	0.603NS	0.021NS	0.001**
Sustrato-preparación	0.194NS	0.545NS	0.094NS	0.012*

NS= no significativo    \*significativo al 0.05    \*\*significativo al 0.01

#### 4.4 AGRUPACIONES DE MEDIAS PARA EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El registro de la interacción ocurrida a los 20°C para la germinación, denota que en la relación sustrato-luz, el efecto menos favorable se observa cuando se siembran las semillas en tierra y se mantienen en la oscuridad (Cuadro 4). Por su parte el papel no mostró diferencias significativas con respecto a la exposición a la luz u oscuridad, ni al ser comparadas papel-luz y tierra-oscuridad.

**CUADRO 4.** Efecto del sustrato y la disposición de luz sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 20°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-luz	48.75	6.55 ab
Papel-oscuridad	51.75	6.72 a
Tierra-luz	53.50	6.85 a
Tierra-oscuridad	38.00	5.84 b

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

El sustrato con el tratamiento pregerminativo muestra que en todo caso, el agua caliente produce mas del 70% de germinación, mientras que sin la preparación pregerminativa el porcentaje fue menor del 20% (Cuadro 5). Los mejores resultados con el tratamiento se obtuvieron en papel, los cuales difieren en forma estadísticamente importante de los logrados en tierra; sin tratamiento no hubo efecto del sustrato.

**CUADRO 5.** Efecto del sustrato y la preparación sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 20°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-agua caliente	84.25	9.20 a
Papel-sin agua caliente	16.25	4.06 c
Tierra-agua caliente	71.75	8.25 b
Tierra-sin agua caliente	19.75	4.44 c

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

En las siembras incubadas a 25°C, no hubo interacciones significativas, sólo fue estadísticamente importante el efecto independiente del sustrato y del tratamiento. Se encontró que la diferencia en tierra-papel es pequeña pero significativa, lográndose los mejores resultados con las siembras realizadas en tierra (Cuadro 6).

**CUADRO 6.** Efecto del sustrato sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 25°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel	50.50	6.73 b
Tierra	57.25	7.25 a

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

Los resultados obtenidos son similares a los alcanzados a 20°C, es decir, que con la aplicación del tratamiento se obtuvo una germinación casi cuatro veces superior a la obtenida sin el (Cuadro 7), mas del 80% de las semillas germinaron cuando fueron sumergidas en agua caliente, mientras que menos del 25% de las semillas germinaron cuando se sembraron sin dicho tratamiento.

**CUADRO 7.** Efecto de la preparación sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 25°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Agua caliente	85.50	9.26 a
Sin agua caliente	22.25	4.71 b

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

Con la incubación a 30°C únicamente fue significativo el efecto del agua caliente y la interacción sustrato-iluminación. Como en las temperaturas anteriores se encontró que la preparación produjo una germinación superior respecto a las demás, sin embargo, apenas se alcanza un poco mas del 50%, mientras que las semillas sin tratar obtuvieron cerca del 30% (Cuadro 8).

**CUADRO 8.** Efecto de la preparación sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Agua caliente	54.25	7.04 a
Sin agua caliente	28.00	5.01 b

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

El efecto combinado del sustrato y la disposición de luz a 30°C. Mostró una reacción mas fuerte a los sustratos, de tal manera que la germinación obtenida en tierra supera a la lograda sobre el papel (Cuadro 9). En tierra los porcentajes fueron cercanos al 60%, con una diferencia significativa, en este mismo sustrato,

la luz no tuvo un efecto relevante sobre la germinación, mientras que en papel los mejores resultados se obtuvieron en la obscuridad.

**CUADRO 9.** Efecto del sustrato y la disposición de luz sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-luz	15.00	3.60 c
Papel-obscuridad	26.00	4.95 b
Tierra-luz	65.00	7.98 a
Tierra-obscuridad	58.50	7.58 a

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

En las siembras incubadas a 35°C, la interacción de mayor nivel fue significativa, únicamente en las siembras realizadas en tierra que dispusieron de iluminación se encontró que la aplicación de agua caliente estimula en forma importante la germinación (Cuadro 10). La germinación obtenida en tierra superó significativamente a la que se obtuvo sobre papel, especialmente cuando se le aplico agua caliente.

Es interesante mencionar que sin tratamiento las siembras realizadas en obscuridad sobre tierra, también alcanzaron porcentajes que no difieren significativamente de los más altos.

**CUADRO 10.** Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación sobre la germinación de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 35°C.

TRATAMIENTOS	% DE GERMINACIÓN	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-luz-agua caliente	7.00	2.45 c
Papel-luz-sin agua caliente	9.50	3.13 c
Papel-obscuridad-agua caliente	5.00	2.29 c
Papel-obscuridad-sin agua caliente	5.00	2.12 c
Tierra-luz-agua caliente	76.00	8.73 a
Tierra-obscuridad-agua caliente	38.50	6.17 b
Tierra-obscuridad-sin agua caliente	62.00	7.86 a

En la última columna las medias seguidas por las mismas letras no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05.

## SEMILLAS DURAS O IMPERMEABLES

Tanto a 20°C, como a 25°C el efecto del agua caliente fue significativo en ambas casi el 70% de las semillas permanecieron sin embeberse cuando no se aplicó el tratamiento (Cuadro 11), en cambio, con la preparación pregerminativa menos del 3% de las semillas permanecieron duras, a pesar de que los porcentajes obtenidos con agua caliente son iguales en promedio, al efectuar la transformación difieren en algunas décimas.

**CUADRO 11.** Efecto de la preparación sobre semillas duras o impermeables de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 20°C y 25°C.

TRATAMIENTO	% DE SEMILLAS DURAS	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Incubación a 20°C		
Agua caliente	2.62	1.68b
Sin agua caliente	69.50	8.25a
Incubación a 25°C		
Agua caliente	2.62	1.54 b
Sin agua caliente	69.00	8.33 a

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

A 25°C. hubo una interacción significativa del sustrato y la disponibilidad de luz, los promedios obtenidos se encuentran alrededor del 35% de semillas duras (Cuadro 12), se trata de valores cercanos, por lo tanto las diferencias El efecto de la luz es importante únicamente en las siembras realizadas en tierra.

**CUADRO 12.** Efecto del sustrato y la disposición de luz sobre semillas duras o impermeables de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 25°C.

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE SEMILLAS DURAS	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Papel-luz	38.25	5.18 a
Papel-obscuridad	34.75	4.92 ab
Tierra-luz	33.50	4.46 b
Tierra-obscuridad	36.75	5.18 a

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

Cuando las siembras se incubaron a 30°C, sólo se registró un efecto significativo de la inmersión en agua caliente. Se encontró que la aplicación del tratamiento prácticamente elimina la impermeabilidad, mientras que sin este se tiene un remanente cercano al 40%.

**CUADRO 13.** Efecto de la preparación sobre semillas duras o impermeables de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS DURAS	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Sin agua caliente	39.25	6.28 a
Agua caliente	1.63	1.35 b

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

A 35°C. resultado significativa la interacción de mayor nivel (la de los tres factores) sin embargo la tendencia es que con la aplicación del tratamiento de prácticamente se eliminan las semillas impermeables. Mientras que sin dicho tratamiento queda un remanente que no alcanza el 35%. Las mayores cantidades se obtuvieron cuando la siembra se efectuó en tierra y con luz, sin la inmersión en agua caliente.

A temperaturas de 20°C y 25°C. sin tratamiento, se registran porcentajes altos de semillas impermeables, los cuales disminuyen a menos del 40% cuando se incuban entre 30°C 35°C.

**CUADRO 14.** Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación sobre semillas duras o impermeables de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 35°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS DURAS	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-luz-agua caliente	0.00	0.70 d
Papel-luz-sin agua caliente	20.50	4.56 c
Papel-obscuridad-agua caliente	0.00	0.70 d
Papel-obscuridad sin agua caliente	30.50	5.54 ab
Tierra-luz-agua caliente	0.00	0.70 d
Tierra-luz-sin agua caliente	34.50	5.88 a
Tierra-obscuridad-agua caliente	0.00	0.70 d
Tierra-obscuridad sin agua caliente	25.50	5.04 b

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

### SEMILLAS FIRMES

No se encontraron diferencias significativas debidas a ningún factor o interacción a 20°C y 25°C. En los cuadros 15 y 16 se presentan los resultados, cuyo porcentaje en ambos casos es menor al 20%. Se registran datos mayores con incubación a 20°C.

**CUADRO 15.** Efecto del sustrato, disposición de luz y la preparación de semillas firmes de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 20°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS FIRMES	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-luz-agua caliente	12.50	3.53 a
Papel-luz-sin agua caliente	11.00	3.28 a
Papel-obscuridad-agua caliente	11.00	3.35 a
Papel-obscuridad sin agua caliente	8.00	2.86 a
Tierra-luz-agua caliente	13.00	3.67 a
Tierra-luz-sin agua caliente	6.50	2.64 a
Tierra-obscuridad-agua caliente	38.50	5.93 a
Tierra-obscuridad sin agua caliente	22.00	3.89 a

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

**CUADRO 16.** Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación de semillas firmes de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 25°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS FIRMES	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel-luz-agua caliente	8.50	2.98 a
Papel-luz-sin agua caliente	7.50	2.81 a
Papel-obscuridad-agua caliente	13.50	3.65 a
Papel-obscuridad sin agua caliente	7.50	2.74 a
Tierra-luz-agua caliente	10.50	3.14 a
Tierra-luz-sin agua caliente	7.00	2.65 a
Tierra-obscuridad-agua caliente	6.00	2.48 a
Tierra-obscuridad sin agua caliente	4.50	2.03 a

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

Las siembras incubadas a 30°C mostraron significancia entre los factores sustrato y luz aunque sin interacción. El porcentaje tendió a incrementarse notablemente respecto a lo obtenido a 20°C y a 25°C. En cuanto al efecto del sustrato en siembra sobre papel casi el 40% de las semillas se embebieron, pero permanecieron sin germinar, y sin signos de pudrición en tierra este porcentaje

disminuye a menos de la mitad con una diferencia significativa entre ambos sustratos. (Cuadro 17)

**CUADRO 17.** Efecto del sustrato de semillas firmes de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS FIRMES	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Papel	38.87	6.18 a
Tierra	15.62	3.91 b

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

Aunque la diferencia es un poco mayor del 10%, la aplicación de luz durante la incubación redujo la cantidad de semillas firmes respecto a lo obtenido en obscuridad, significativamente.

**Cuadro 18.** Efecto de la luz sobre semillas firmes de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS FIRMES	TRANSFORMACIÓN RAÍZ CUADRADA
Luz	22.87	4.60 b
Obscuridad	31.62	5.50 a

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

En cuanto a los resultados obtenidos a 35°C el incremento en los porcentajes de semillas firmes es muy alto y en este caso hubo una interacción del mayor nivel, particularmente en incubación sobre papel con semillas tratadas, donde se obtuvo más del 50% (Cuadro 19). En la siembra realizada sobre papel con luz e inmersión en agua caliente, el 80% permanecieron embebidas y sin germinar. En las siembras realizadas sobre tierra el porcentaje de semillas firmes siempre fue inferior al 35%.

**CUADRO 19.** Efecto del sustrato, la disposición de luz y la preparación de semillas firmes de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 35°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS FIRMES	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Papel-luz-agua caliente	80.50	8.90 a
Papel-luz-sin agua caliente	33.00	5.70 c
Papel-obscuridad-agua caliente	55.00	7.36 ab
Papel-obscuridad sin agua caliente	54.50	7.45 ab
Tierra-luz-agua caliente	20.50	4.39 c
Tierra-luz-sin agua caliente	23.00	4.59 c
Tierra-obscuridad-agua caliente	29.50	5.39
Tierra-obscuridad sin agua caliente	16.00	3.98 c

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

### SEMILLAS PODRIDAS

Las temperaturas 20°C y 25°C sólo mostraron significancia en el factor sustrato. Para ambas se encontró que el mayor porcentaje de semillas podridas se obtiene sobre papel, en general los porcentajes fueron inferiores al 4%.(Cuadro 20).

**Cuadro 20:** Efecto del sustrato en semillas podridas de *Dodonaea Viscosa* en cajas de petri a dos temperaturas.

TEMPERATURAS	% DE SEMILLAS PODRIDAS	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Incubación a 20° C		
Papel	1.25	1.15 a
Tierra	0.00	0.70 b
Incubación a 25° C		
Papel	3.75	1.82 a
Tierra	0.62	0.94 b

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

Las siembras incubadas a 30°C mostraron una interacción significativa en la relación entre sustrato-luz, y, sustrato-tratamiento. Se encontró que la cantidad de semillas podridas fue mayor cuando se empleo papel, mientras que en tierra los resultados son inferiores; es interesante mencionar que la luz tuvo un efecto importante sobre esta variable siendo menor la cantidad de semillas podridas

incubadas en la obscuridad; en tierra dicho efecto de la luz no fue significativo. (Cuadro 21).

**Cuadro 21:** Efecto del sustrato y la disposición de luz en semillas podridas de *Dodonaea Viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS PODRIDAS	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Papel-luz	31.00	5.06 a
Papel-obscuridad	9.00	2.88 b
Tierra-luz	1.50	1.22 c
Tierra-obscuridad	3.25	1.88 bd

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

Respecto al efecto de la luz y la preparación pregerminativa se encontró que las semillas tratadas e incubadas con luz, obtuvieron más del 20% de semillas podridas. Fuera de esta condición, los porcentajes fueron menores al 10% sin que hubiera diferencias entre tratamientos. (Cuadro 22).

**Cuadro 22:** Efecto de la disposición de luz y la preparación de semillas podridas de *Dodonaea viscosa* en cajas de petri a 30°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS PODRIDAS	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Luz-agua caliente	23.25	4.00 a
Luz-sin agua caliente	9.25	2.28 b
Obscuridad-agua caliente	5.25	2.12 b
Obscuridad-sin agua caliente	7.00	2.64 b

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

Finalmente en las siembras incubadas a 35°C la interacción de mayor nivel, no fue relevante, sin embargo, se observa una tendencia muy clara (Cuadro 23): los porcentajes de semillas podridas son superiores cuando se incubo sobre papel respecto a los obtenidos en la tierra. Los porcentajes, cercanos al 38% se obtuvieron cuando se trato con agua caliente sembradas sobre papel.

**Cuadro 23:** Efecto del sustrato, la disposición de la luz y la preparación de semillas podridas de *Dodonaea viscosa*, en cajas de petri a 35°C.

TRATAMIENTOS	% DE SEMILLAS PODRIDAS	TRANSFORMACIÓN, RAÍZ CUADRADA
Papel-luz-agua caliente	12.50	3.05 b
Papel-luz-sin agua caliente	37.00	6.05 a
Papel-obscuridad-agua caliente	40.00	6.27 a
Papel-obscuridad sin agua caliente	10.00	2.84 b
Tierra-luz-agua caliente	3.50	1.72 b
Tierra-luz-sin agua caliente	4.00	2.06 b
Tierra-obscuridad-agua caliente	8.50	2.80 b
Tierra-obscuridad sin agua caliente	4.00	1.94 b

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

## DISCUSIÓN

En el trabajo se encontró que el sustrato tenía un efecto significativo sobre la germinación; esta tendió a ser mejor en semillas sembradas en tierra que en las colocadas sobre papel, la diferencia se tendió a acentuar conforme se elevó la temperatura de incubación. Esto no concuerda con lo encontrado con Burrows (1995), quién menciona que no existieron diferencias al usar dichos sustratos.

Cabe mencionar que en siembras a altas temperaturas la luz en algunas combinaciones tuvo un efecto estimulante, lo cual tampoco concuerda con lo reportado con Burrows (1995). Aunque si coinciden con los resultados de Baskin (2004).

Algunos autores como Terrones (2004) y Cervantes *et al.*, (2002) parecen indicar la ausencia de semillas impermeables, pues mencionan que el remojo en agua a temperatura ambiente estimulo significativamente la germinación y por otro lado Oliviera Toro y Camacho (1992) indicaron que dicho tratamiento no es útil por una elevada presencia de semillas impermeables; lo encontrado en el presente trabajo, concuerda más con estos últimos autores ya que se encontraron semillas impermeables a cualquier temperatura de incubación cuando no se aplico agua caliente, los porcentajes de semillas embebidas, superaron el 50% cuando se incubo a 20°C y 25° C; esta evidente presencia de una cubierta impermeable al agua también fue encontrada por Baskin *et al.*, (2004).

Resulta destacable que conforme se elevo la temperatura de incubación hubo una clara tendencia a que se redujera la cantidad de semillas impermeables, lo cual también fue acompañado de una disminución del porcentaje de germinación, que contradice la afirmación de Burrows (1995), de que la germinación de *Dodonaea viscosa* es mayor a altas temperaturas.

Aunque este autor no fue explícito en las temperaturas empleadas, y en el presente trabajo se emplearon temperaturas con un régimen de temperaturas constantes.

Es posible que el efecto reductor de las semillas impermeables que tuvieron las altas temperaturas de germinación 30°C y 35°C explica porque Terrones *et al.*, (2004) y Cervantes y Sotelo (2002) hayan encontrado porcentajes de germinación importantes al aplicar remojo ya que tanto en el Bajío de Guanajuato como en el estado de Morelos, donde trabajan respectivamente estos autores, se presentan temperaturas muy altas.

Con base en nuestros resultados sugerimos que en futuros trabajos se realicen ensayos experimentales con regímenes de temperaturas oscilantes a fin de conocer con mas exactitud el efecto de la temperatura sobre la germinación e impermeabilidad, ya que ciertos resultados son fruto de efecto de una temperatura

constante o se alteran al incrementarse o reducirse el valor de esta a lo largo del día Camacho (1994)

Sosa (1987) encontró que en *Tamarindus indica* los efectos letales de las altas temperaturas de incubación sobre la germinación se redujeron al emplear una temperatura menor durante la noche aunque se preserve el efecto reductor de la impermeabilidad de las altas temperaturas de incubación.

Una importante sugerencia para la realización de pruebas de certificación de *Dodonaea viscosa* es la realización de siembras a 20°C de preferencia usar tierra con uso de luz, con semillas taradas con agua caliente.

Cuando las pruebas de germinación realizadas sobre papel dan resultados dudosos ha recomendado repetirlas usando sustrato de tierra para obtener germinación potencial (Moreno, 1996), situación que se confirma en el presente trabajo.

Un detalle que es importante mencionar es que por lo general las interacciones de los tres factores se dieron a la mayor temperatura tanto en germinadas, en duras, firmes y podridas. Es muy probable que esto se deba a un efecto limitante en la germinación en la que se requiera el auxilio de la luz y el sustrato para que ocurriera la germinación de las pocas semillas que lograron hacerlo.

Otro detalle muy interesante, que parece ser similar a lo obtenido en *Dodonaea viscosa*, es que la impermeabilidad de las semillas en *Enterobium cyclocarpum* se ha demostrado que el tratamiento es indispensable para obtener la germinación en laboratorio al incubar a 25°C (Ramírez y Camacho, 1987) mientras que su aplicación no se requirió en siembras realizadas a temperaturas de 30°C (Ramírez, 1994).

Sosa (1987), obtuvo un comportamiento parecido al anterior, en semillas de *Tamarindus indica* cuando se incubaron a temperaturas oscilantes de 45°C a 26°C, pues la impermeabilidad se pierde en 15 días. Wong *et al.*, (1993) observó que las temperaturas altas inducen la pérdida de impermeabilidad de la testa en semillas de *Iponema purpurea* desde un 40 a un 94%.

## CONCLUSIONES

1. El efecto agua caliente fue importante para incrementar la germinación, aunque interactuó mejor con la temperatura de 20 y 25° C.
2. La luz tiene un efecto estimulante en la germinación sobre todo a altas temperaturas y en siembras que se realizaron sobre papel.
3. En cuanto al sustrato; cuando se empleó tierra, se observó un mayor porcentaje de germinación.
4. La mejor temperatura para la germinación está entre 20 y 25° C; en temperaturas altas, aunque se redujo el porcentaje de semillas duras, también se redujo la germinación.
5. La interacción de los factores: tratamiento (agua caliente), sustrato (tierra), temperatura (20 y 25° C.) y luz; fue importante para alcanzar un porcentaje mayor de germinación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón S. L, Martínez S. L. y Castro Z. S. 2006. Tratamiento pregerminativo y preparación de semilla para la siembra de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.. Ciencia Forestal en México. 31(99):93-101.
- Avanza M. M., Mazza S. M., Martínez G. y Jiménez L. 2003 Aplicación de transformaciones para el cumplimiento de supuestos de normalidad y homocedasticidad para modelos lineales. Revista Agrotecnia. Argentina. (11): 18-23.
- Baskin J.M., Davis, B.H. Baskin, C.C., Gleason, S.M. and Cordell, S. 2004. Physical dormancy in seeds of *Dodonaea viscosa* (Sapindales, Sapindaceae) from Hawaii. Seed Science Research 14:81-90.
- Becerril R. A. y Rodríguez A. J. 1991. Uniformización de la terminología para los diferentes tipos de letargo en especies frutales. Memorias del IV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. México. 226p.
- Besnier R. F. 1989. Semillas. En: Biología y Tecnología. Mundi-Prensa. España pp 637 .
- Burrows C. J. 1995. Germination behavior of the seeds of six New Zealand woody plant species. New Zealand Journal of Botany (33) 365-377.
- Camacho M. F. 1990. Ruptura de la dormición de semillas de leguminosas mediante agua caliente, ácido sulfúrico y tiourea. X Coloquio de la Investigación de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM: México. Resumen 216.
- Camacho M. F. 1994 a. Dormición de semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. pp 125.
- Camacho M. F. 1994 b Fisiología de la Germinación en Semillas Forestales. Publicación especial Núm. II. CENID-COMEF, INIFAP. México pp 41-48
- Camacho M. F., Bustillo O. O. y González K. V. 1991 Potencial del Chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) para la formación de setos en áreas sin riego. Memoria de la Segunda Reunión Nacional sobre Ecología y Reforestación Urbanas. Academia Nacional de Ciencias Forestales, A. C. México. (En prensa).
- Camacho M. F.; González K. V. y Mancera O. A. 1993. Guía Tecnológica para el cultivo del Chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L) Jacq.); arbusto útil para producción de tutores hortícolas, Control de erosión y setos urbanos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro

Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Guía Tecnológica No. 1 México. 35p.

- Camacho M. F. 2000. Ficha técnica de Especies Forestales Estratégicas *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. 4: 75-78.
- Camacho M., F. 2003. Arbustos para la Reforestación del Distrito Federal. INIFAP-CENID-COMEF. Fundación Grupo Produce A. C. Folleto para Productores No. 8. México. 32p.
- Castillo A. S., Guadarrama. P. Martínez Y., Mendoza H. P., Niñez C. O., Romero R. M. y Sánchez G. I. 2002. Diásporas del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México. pp 176.
- Cervantes S. M. y Sotelo B. E. 2002. Guías Técnicas para la propagación sexual de 10 especies latifolidas de selva baja caducifolia del estado de Morelos. Publicación Especial 30. INIFAP Campo Experimental Zacatepec. México. 30p.
- Chipole I. M. 1995. Tratamiento, germinación y crecimiento de cuatro especies arbustivas con semilla impermeable. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM; México. 82 pp.
- Clark D. E. 1967. Desert gardening. Lane Books. U.S.A. pp 27-29.
- Cronquist A. 1981. An Integrated system of classification of flowering plants. USA. NY. 1292p.
- De Fina A. L. 1945. Los elementos climáticos y los cultivos. Sudamericana. Enciclopedia Agropecuaria Argentina No. 28. Argentina. pp 84-88.
- Estrada C. A. E. y Marroquín de la F. J. S: 1992. Leguminosas en Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Reporte Científico No.10. México 258p.
- Fenner, M. 1985. Seed ecology. Chapman and Hall. Inglaterra. 151p.
- Flores E. M. 1984. Estructura de la semilla y germinación de guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*) Resúmenes del IX Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México. México. pp 182-183.
- Ginzo H. D. 1980. Fisiología de la germinación. En: Sivori, E. (Ed.) Fisiología vegetal. Hemisferio sur. Argentina. pp 613-628.
- González K. 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. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México. pp. 247-256.
- Goor A. y Barney C. W. 1968. Forest tree planting in arid zones Ronald Press Co. New York. 89p.
- Grether R. 1982. Aspectos ecológicos de *Mimosa biuncifera* y *Mimosa monancistra* en el noroeste del Estado de Guanajuato. Boletín de la Sociedad Botánica de México. (43):43-60.
- Gutiérrez S., H. A. 2000. Plantas medicinales para la piel. COAXICAN. Universidad de Guadalajara. México. <http://www.cucba.udg.mx/new/informacionacademica/coaxican/herbolaria/piel.htm> (Consultado en enero de 2008).
- Hartmann H. T. y Kester D. E. 1987. Propagación de plantas; principios y prácticas Td. A. Marino. Continental. México 760p.
- Hernández O. J. G. 2001. Bases ecológicas para el manejo de *Dodonaea viscosa* (L) Jacq. (Sapindaceae), una planta medicinal en la región semiárida centro-occidental del estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro; Investigación y Posgrado. <http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/alejandrina/ganadores.html> (Consultado en enero de 2008).
- Hodgkinson K. C. and Oxley R. E. 1990. Influence of fire and edaphic factors on germination of the arid zone shrubs *Acacia aneura nemophilla* and *Dodonaea viscosa*. Aust. J. Bot. 38: 269-279.
- INIFAP-SAGAR. 1997. Producción de tutores hortícolas con chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) En: Dirección Forestal; Tecnologías Llave en Mano. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México.
- Jordan L. S. y Jordan J. L. 1982. Effects of prechilling on *Convolvulus arvensis*, L. Seed coat and germination Ann of Bot. vol. 49(3), pp 421-423.
- Lang G. A. 1987. Dormancy: a new universal terminology. Science 22(5):817.
- Lang G. A., Early J. D., Darnel R.L. and Martin G. C. 1987. Endo, Para and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience 22 (2): 371-377.
- Mancera O. A. 2002. Plantación de chapulixtle para la producción de varas o tutores. Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Folleto para Productores No. 34.

- Marroquín J. S. 1985. *Sapindaceae* En: Rzedowski, J. y Rzedowski G. C. (Ed.) Flora Fanerogámica del Valle de México Vol. I. Continental. México, D. F. pp 44- 46.
- Martínez M. 1979. Catálogo de Nombres vulgares y científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.
- Mayeux H. S. Jr. 1982. Germination of false broom weeds (*Ericameria austrotexana*) seed. Weed Science 30 (6): 597-601.
- Mazza S. M., Gimenez L. I., Schroeder J. A., Martínez G. C. y Rodríguez V. A. 2000. Concentraciones Foliare de Zn y K. Efecto de Transformación sobre los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Variancias. V Reunión Científica del GAB. Córdoba Argentina.
- Mazza S. M., Contreras G. B., Tannure C. L. J., Polak M. G., Schroeder J. A., Avanza M. M., Cabrera Brunetti S. C. y Arce S. 2000. Selección de Transformaciones para la normalización de recuentos de *Alabama argillacea* y Pulgonés, en Algodonero. Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. 1a. ed. México, D.F. pp. 222-223.
- Morrow L. A., Young F. L. and Flam D. 1982 Seed germination and seedling emergence of jointed goat grass (*Aegilops cylindrica*). Weed Science 30 (4): 395-398.
- Nikolaeva M. C. 1969. Physiology of Deep Dormancy in Seed. Trod. Z. Shapiro. I. P. S. T. Israel. pp. 220 pp.
- Nikolaeva M. G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En: Khan, CHA. (Ed.) Physiology and Biochemistry the seed Dormancy and Germination. Elsevier North Holland Biomedical Press. Holanda. 50-73 pp.
- Oliviera T. M. y Camacho M. F. 1992. Tratamientos para estimular la germinación de Chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq) Memorias del XIV Congreso Nacional de Citogenética. SOMEFI y Univ. Aut.: de Chiapas. México. 448p.
- Ochoa C. M. C. 1994. Tiempo de emergencia y constantes para estimar emergencia en especies forestales. Tesis de Bióloga. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 56p.
- Orozco S. A. 1989. Fisiología y Ecología del fitocromo: su función en las semillas. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 49: 71-84.
- Orozco S. A. 1991. Latencia de las semillas una interpretación desde el punto de vista de la fisiología ecológica. Macpalxochil 127: 3-6.

- Piaggio M. y Delfino, D. 2003.. *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. Plantas nativas del Uruguay, Facultad de Ciencias. Universidad de la Republica, Uruguay. <http://micol.fcien.edu.uy/flora/Dodonaea-viscosa.htm> (consultado en enero de 2008).
- Plata A. M., Sánchez C. M. Y Orozco S. A. 2001. Efecto de la temperatura, escarificación, giberelinas y luz en la respuesta germinativa de *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. (Sapindáceae) y *Senna multiglandulosa* (Jacq.) Irwin & Barneby (Caesalpinaceae) XV Congreso Mexicano de Botánica, Sociedad Botánica de México, México. <http://www.socbot.org.mx/resumenes/resumen419.html> (consultado en enero de 2008).
- Puig H. 1991 Vegetación de la Huasteca, (México). Instituto de Ecología. México. 627p.
- Ramírez G. M. 1994. Tratamientos para estimular la germinación de algunas especies forestales .Facultad de ciencias Agrícolas .Universidad Autónoma del Estado de México. México 124p.
- Ramírez O. M. y Camacho M. F.1987. Tratamientos de semillas latentes de importancia económica. *Biología y otras* 16: (1-4):37-42.
- Rauch F. D., Born horst H. L., Stibbe R. and Hensley D. L. 1997. *Aalii, Ornamentals and Flowers*, OF-20 Honolulu: Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/OF-20.pdf> (consultado en enero de 2008).
- Remgefor. 2000. Ficha N° 15: *Dodonaea viscosa*. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. (5): 75-78.
- Reyes C. P. 1978. Water impermeable seed dormancy. *The Botanical review* 44(3): 365 a 396.
- Rolston M. P. Water impermeable seed dormancy. *The Bot. Rev.* Vol. 4 (3) pp 365-396.
- Rzedowski J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *An. Esc. Nal. Ciencias Biológicas*. México. 8:59-129.
- Rzedowski J. y Huerta M. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 203 pp.
- Rzedowski J. y Rzedowski G.C. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. III. Continental México, D. F. pp 494.
- Sánchez S.O. 1979. *Flora del valle de México*. 3ª.Ed. Herrero S.A. México.

- Sosa C. A. 1987. Efecto del tratamiento con agua caliente a temperaturas constantes y oscilantes sobre la germinación de semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) Tesis Profesional. UNAM. Facultad de ciencias. 53p.
- Terrones R. T. del R., González S. C y Ríos R. S. A. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro técnico No.2. INIFAP. Campo Experimental Bajío, Celaya. México pp 185-186.
- 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.
- Vázquez Y. C. 1975. The use of thermo gradient bar in study of seed germination in *Ocroma lagopus* SW. Turr 328-330. Werker, E. 1981. Seed dormancy as explained by anatomy envelopes. Journal of Botany 29: 22-44.
- Vázquez Y. C. 1979. Notas sobre la ecofisiología de la germinación de *Cecropia obtusifolia*, Bertol. Turrialba. 29 (2): 147-149.
- Werker E. 1981. Seed dormancy as explained by Anatomy envelopes. Journal of Botany 29: 22-24.
- West J.G. 1984. A revision of *Dodonaea miller* (Sapindaceae) in Australia. Brunomia 7 (1):
- Wong G. A., Brech U. A. y Laguna G. 1993. Influencia de la temperatura sobre la ruptura de la latencia de semillas *Iponea purpúrea* y *Sicos deppei*. Libro de Resúmenes del XII Congreso mexicano de Botánica. Sociedad mexicana de Botánica. México. 27p.