



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Efecto de varios tratamientos pregerminativos en semillas de  
costilla de vaca *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt  
y chapulixtle *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERA AGRÍCOLA

Presenta

Celia Gutiérrez Cenobio

Asesor: M.E. Elva Martínez Holguín

Coasesor: Ing. Francisco Camacho Morfín



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

**ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS**



DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

**DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE**

**ATN:L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
Jefa del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

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

\_\_\_\_\_ Efecto de varios tratamientos pregerminativos en semillas de costilla de vaca

\_\_\_\_\_ Atriplex canescens (Pursh) Nutt y chapulixtle Dodonaea viscosa (L.) Jacq.

Que presenta la pasante Celia Gutiérrez Cenobio

Con número de cuenta: 077023746 para obtener el título de:

\_\_\_\_\_ Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
Cuautitlan Izcalli, Mex. a 9 de Mayo de 2011.

**PRESIDENTE** \_\_\_\_\_ M.E. Elva Martínez Holguín

*Elva Martínez Holguín*

**VOCAL** \_\_\_\_\_ Ing. Hilda Carina Gómez Villar

*Hilda Carina Gómez Villar*

**SECRETARIO** \_\_\_\_\_ Ing. Aurelio Valdéz López

*Aurelio Valdéz López*

**1er SUPLENTE** \_\_\_\_\_ Ing. Minerva Chávez Germán

*Minerva Chávez Germán*

**2º SUPLENTE** \_\_\_\_\_ Ing. Victoria Hernández Pimentel

*Victoria Hernández Pimentel*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán que me dieron la oportunidad de cursar y terminar la carrera de ingeniería agrícola.

A todos mis maestros por su orientación en mi formación como profesionista. En especial agradezco al Ing. Francisco Camacho Morfín por apoyarme en realizar este estudio en el INIFAP, así como por sus valiosas sugerencias en la elaboración de este trabajo; por las enseñanzas recibidas durante mi estancia en dicho lugar, muchas gracias.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que me permitió realizar mis estudios en sus instalaciones.

Agradezco la atención y amabilidad de la M.E Elva Martínez Olguín por conducirme en la realización de este trabajo.

A los miembros del jurado por sus comentarios y sugerencias en el presente trabajo.

A la Ing. Guadalupe Morales Vidal por su valiosa ayuda.

A mi familia por todo el apoyo brindado y en especial a Diana.

A todos mis compañeros por impulsarme a terminar el presente trabajo y en especial a Norma Montoya Carmona por su valiosa ayuda.

## RESUMEN

La costilla de vaca (*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt) se encuentra distribuida principalmente en el norte del país, desarrollándose en suelos salinos y erosionados, sirve como planta forrajera y para la reforestación. El chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.) se encuentra distribuido principalmente en el sur y centro del país, desarrollándose en áreas erosionadas, se utiliza como leña y planta medicinal. Ambas son especies que se pueden utilizar para recuperar suelos salinos y erosionados. En estudios de germinación de estas especies se ha encontrado que presentan bajos porcentajes de germinación, por lo que se realizó un estudio en el cual se evaluó la combinación de tratamientos de: escarificación, estratificación y reguladores del crecimiento, con el fin de conocer cuál de los tratamientos pre-germinativos resultantes era el más efectivo para facilitar la germinación y optimizar el uso de semillas de estas especies en la producción de las plantas en vivero. Una diferencia importante fue el porcentaje de germinación que se presentó entre especies. *Dodonaea viscosa* tuvo porcentajes de germinación generalmente arriba del 30%, siendo menores en *Atriplex canescens*.

En cuanto a los tratamientos pre-germinativos, con la aplicación de escarificación con lija se observó una reducción en el tiempo de germinación de semillas de ambas especies, aunque dicha preparación trajo como consecuencia una reducción en el porcentaje de emergencia en *Dodonaea viscosa*. La estratificación por tres y cuatro semanas a 6° C mejoró ligeramente la emergencia de ambas especies, aunque en *Dodonaea viscosa* alargó el tiempo de germinación en forma considerable. La aplicación de fitorreguladores (giberelina 1000 ppm y tiourea al 1%) no mejoraron los porcentajes de emergencia en semillas escarificadas, ni sin escarificar; pero sí tuvieron un efecto marcado en el tiempo de emergencia de semillas escarificadas (hubo una reducción considerable en el tiempo de emergencia), aunque también se presentó una reducción en los porcentajes de germinación, que fue más evidente en semillas escarificadas de *Dodonaea viscosa*, con aplicación de tiourea.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
	2.1 Objetivos.....	3
	2.2 Hipótesis.....	3
III.	MARCO DE REFERENCIA.....	4
	3.1 Costilla de Vaca ( <i>Atriplex canescens</i> ) .....	4
	3.1.1 Clasificación.....	4
	3.1.2 Sinonimia científica y vulgar.....	4
	3.1.3 Descripción.....	5
	3.1.4 Distribución y hábitat.....	8
	3.1.5 Fenología.....	9
	3.1.6 Importancia.....	10
	3.2 Chapulixtle ( <i>Dodonaea viscosa</i> ).....	12
	3.2.1 Clasificación.....	12
	3.2.2 Sinonimia científica y vulgar.....	13
	3.2.3 Descripción.....	14
	3.2.4 Distribución y hábitat.....	15
	3.2.5 Fenología.....	17
	3.2.6 Importancia.....	18
	3.3 Germinación.....	19
	3.3.1 Concepto.....	19
	3.3.2 Desarrollo del fenómeno.....	20

3.3.3 Factores que intervienen .....	22
3.4 Problemas que presentan algunas semillas para germinar.....	24
3.4.1 Causas.....	25
3.4.2 Tipos de dormición.....	25
3.4.2.1 Tipo Físico.....	26
3.4.2.2 Tipo Morfológico.....	26
3.4.2.3 Tipo Fisiológico.....	27
3.4.2.4 Tipo Morfo-fisiológico.....	27
3.4.2.5 Combinatoria.....	27
3.5 Algunos tratamientos que estimulan la germinación de semillas.....	28
3.5.1 Escarificación mecánica.....	28
3.5.2 Estratificación fría o enfriamiento en húmedo.....	29
3.5.3 Fitorreguladores.....	29
3.5.4 Combinación de tratamientos.....	30
3.6 Conceptos acerca de la semilla como medio de propagación.....	30
3.6.1 Estructura.....	31
3.6.2 Propagación de <i>Atriplex canescens</i> .....	32
3.6.3 Propagación de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	34
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
4.1 Materiales.....	37
4.2 Tratamientos evaluados.....	37

4.3 Métodos empleados para los tratamientos pregerminativos.....	40
4.4 Unidad experimental.....	46
4.5 Sustrato de siembra.....	46
4.6. Siembra.....	47
4.6.1 Condiciones del invernadero.....	48
4.7 Diseño experimental .....	48
4.8 Toma de de datos. ....	49
4.9 Variables de estudio .....	50
4.10 Análisis estadístico.....	51
V. RESULTADOS.....	52
5.1 Análisis gráfico de emergencia de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> .....	52
5.2 Significancia y coeficiente de variación de las variables evaluadas.....	56
5.3 Emergencia de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> .....	56
5.4 Porcentaje de emergencia <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> .....	58
5.5 Días a emergencia de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> .....	59
VI. DISCUSIÓN.....	61
VII. CONCLUSIONES.....	63
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	64
IX. ANEXOS.....	74



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Morfología de <i>Atriplex canescens</i> .....	7
Figura 2	Diáspora y embrión de <i>Atriplex canescens</i> .....	7
Figura 3	Desarrollo fenológico de <i>Atriplex canescens</i> .....	10
Figura 4	Aspecto de dos ramas con frutos secos y abundante follaje de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	14
Figura 5	Fruto, semilla y embrión de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	15
Figura 6	Desarrollo fenológico de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	17
Figura 7	Diagrama de flujo de la aplicación de tratamientos y siembra del experimento.....	39
Figura 8	Dispositivo utilizado para escarificar las semillas.....	40
Figura 9	Posición del movedor y dirección de movimientos aplicados al escarificar semillas de <i>Dodonaea viscosa</i> .....	42
Figura 10	Posición del movedor y dirección de movimientos aplicados al escarificar semillas de <i>Atriplex canescens</i> .....	43
Figura 11	Remojo de las semillas en fitorreguladores.....	45
Figura 12	Siembra de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> .....	48
Figura 13	Emergencia en las especies estudiadas.....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de <i>Atriplex canescens</i> con escarificación.....	53
Gráfica 2	Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de <i>Atriplex canescens</i> sin escarificación.....	53
Gráfica 3	Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de <i>Dodonaea viscosa</i> con escarificación.....	55
Gráfica 4	Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de <i>Dodonaea viscosa</i> sin escarificación.....	55

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Tratamientos pregerminativos evaluados y su efecto en la emergencia de 2 especies: <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> .....	38
Cuadro 2	Características físico-químicas del suelo que se utilizó para el experimento.....	46
Cuadro 3	Significancia observada y coeficiente de variación en la prueba de F y transformación de variables evaluadas.....	56
Cuadro 4	Efecto de la escarificación con estratificación y reguladores del crecimiento sobre la emergencia de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> (Índice de Maguire transformado a raíz cuadrada).....	57
Cuadro 5	Efecto de la escarificación con estratificación y reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de emergencia de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> (Porcentaje transformado a raíz cuadrada).....	58
Cuadro 6	Efecto de la escarificación con estratificación y reguladores del crecimiento sobre el tiempo de emergencia de <i>Atriplex canescens</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> (Días medios).....	60

## I. INTRODUCCIÓN

En México existe un área importante de suelos salinos originados por el mal uso del agua y fertilizantes, además también debido a diversos fenómenos naturales.

Extensas áreas de vegetación nativa y de cultivo están afectadas a tal grado, que el agricultor no las puede aprovechar, por lo que están convertidas en tierras ociosas [Aceves, 1981; Ruiz, 1996; Vázquez *et al.*, 2005].

El subsoleo, lavado, drenaje, la aplicación de sustancias químicas y la incorporación de materia orgánica están dentro de las diversas alternativas que se sugieren para recuperar dichos suelos, lo cual implica tratamientos especiales y costosos.

Una alternativa viable para la recuperación de este tipo de suelos es el establecimiento de plantaciones con especies resistentes a la salinidad.

La costilla de vaca (*Atriplex canescens*) se tiene dentro de las pocas especies que soportan condiciones críticas de sequía y salinidad, así como también aportan beneficios al campesino [Echavarría *et al.*, 2009; Romero-Paredes y Ramírez, 2003]. La costilla de vaca es un arbusto que se adapta bien a estas condiciones y puede ser una alternativa para la recuperación de suelos salinos y erosionados, debido a la abundante caída de sus hojas, además de proveer de forraje al ganado en tiempos difíciles [Echavarría *et al.*, 2009].

La erosión es otro de los grandes problemas que se presentan. Se estima que sufre este problema un 80% del territorio nacional, correspondiéndole un 30% a la zona del Pacífico, siendo la más erosionada [Cervantes, 1996; El Universal, 1996].

Una alternativa para la restauración o recuperación de zonas y suelos fuertemente erosionados es el establecimiento de especies que aporten abundante materia orgánica [Martínez *et al.*, 2006].

El chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) es un arbusto que posee esta cualidad; tiene la capacidad de crecer en suelos muy erosionados, beneficiándolos con la abundante caída de hojarasca [Ramos, 2002], además de producir tallos que se pueden vender como tutores agrícolas y proporcionar leña [Camacho *et al.*, 1993a].

La propagación de estas dos especies para la reforestación se ve afectada por la baja germinación que presentan sus semillas. En el caso de las semillas de *Dodonaea viscosa* se debe a una cubierta impermeable al agua [Baskin *et al.*, 2004]. En *Atriplex canescens*, la baja germinación es causada por la dureza de la cubierta y un desbalance entre promotores e inhibidores de la germinación [Valdez *et al.*, 2003].

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar si los tratamientos de escarificación, combinados con estratificación y reguladores del crecimiento, estimulan la germinación de semillas de ambas especies.

La determinación de la efectividad de los tratamientos se efectuó cuantificando el número de plantas emergidas por tratamiento y el tiempo que se tardaron en emerger. Los experimentos requeridos se llevaron a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP] en Coyoacán, Distrito Federal.

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1. Objetivos

#### Objetivo general

Evaluar el efecto que tienen los tratamientos pregerminativos: escarificación, estratificación y aplicación de fitorreguladores (Giberelina y Tiourea) en la germinación (emergencia en suelo) de semillas de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*.

#### Objetivos particulares

- Analizar si es necesaria la escarificación de semillas de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa* para incrementar la emergencia.
- Determinar si la escarificación de semillas influye para que la estratificación y los reguladores del crecimiento estimulen la germinación.
- Evaluar el efecto de los tiempos de estratificación de semillas con y sin escarificación en la emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*.
- Establecer qué combinaciones de las preparaciones pregerminativas mencionadas incrementan la germinación de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*.

### 2.2. Hipótesis

Si las semillas de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa* son sometidas a tratamientos de escarificación y estratificación y se les aplican fitorreguladores, entonces éstas germinarán.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. Costilla de vaca (*Atriplex canescens*)

##### 3.1.1. Clasificación

La clasificación de la costilla de vaca de acuerdo con Jones [1986] es:

División.....	<i>Magnoliophyta</i>
Clase.....	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase.....	<i>Caryophyllidae</i>
Orden.....	<i>Caryophyllales</i>
Familia.....	<i>Chenopodiaceae</i>
Género.....	<i>Atriplex</i>
Especie.....	<i>Atriplex canescens(Pursh)Nutt</i>

##### 3.1.2. Sinonimia científica y vulgar

###### a) Sinonimia científica

- *Calligonum canescens Pursh*. Fl. Am. Sept. 370. 1814.\*
- *Atriplex canecens( Pursh)Nutt*. Gen. N.Amer.Pl. 1:197.1818. \*\*\*
- *Atriplex canescens* Nutt. Gen.N.Amer.Pl.1:197.1818. \*\*\*
- *Atriplex occidentalis* D. Dietr. Syn. Pl. 5:537. 1852. \*
- *Obione tetraptera Benth*. Bot. Voy. Sulph. 48. 1844. \*\*
- *Obione berlandieriMoq*. in D.C. Prodr. 132:114. 1849. \*\*

[\*Foiles, 1974; \*\*Standley, 1922; \*\*\*Daydon, 1960].

b) Sinonimia vulgar

- Costilla de vaca, chamizo, cenizo y saladillo. \*
- Fourwing saltbush, chamiza, wingscale y shadscale. \*\*

[\*Martínez, 1979; \*\*Foiles, 1974].

### 3.1.3. Descripción [Romero-Paredes y Ramírez, 2003]

**Forma:** la costilla de vaca es un arbusto leñoso, erecto, bien ramificado, perenne, de 1 a 3 metros de alto, siempre verde, de color cenizo o grisáceo, dioico, raramente monoico y densamente ramificado desde la base, con raíz profunda (Figura 1).

**Raíz:** típica, con numerosas raíces secundarias a lo largo de la raíz principal, de tamaño variable dependiendo del sitio donde se desarrolle; la profundidad que llega a alcanzar es de 6 metros.

**Tallos:** son abundantes y se ramifican casi desde la superficie del suelo. Los tallos jóvenes son suaves, vigorosos y lisos, mientras que los viejos son fuertes, rígidos y ligeramente quebradizos. Varían en su forma de cilíndricos a cónicos. Pueden estar cubiertos por una corteza escamosa y grisácea que se torna más pálida y exfoliante con el tiempo.

**Hojas:** son numerosas, simples, enteras, sésiles o cortamente pecioladas, de posición alterna, forma lineal o elíptica, con ápice generalmente en forma obtusa, con base estrecha, de color verde pálido a grisáceo; de 5 cm de largo y de 2 a 9 mm de ancho y deciduas. A lo largo de la hoja corre una nervadura gruesa. Ortega [1993] menciona que la hoja de *Atriplex canescens* presenta una superficie casposa la cual brilla cuando inciden los rayos del sol sobre ella. Esto es debido a que en la cutícula existen vellosidades en forma de globos pequeñísimos que actúan como bombas que succionan las sales de la savia de la planta. Este hecho le permite a la especie sobrevivir en suelos salitrosos y, al estar las vellosidades repletas de sales, revientan esparciendo su contenido sobre la hoja, impidiendo así la evaporación.



**Flores:** son unisexuales, pequeñas, de color amarillo a café claro; apétalas, agrupadas en glomérulos (conjunto de flores que surgen de un mismo nudo, lo que es común en la familia *Chenopodiaceae*), forman panículas de espigas muy apretadas y foliosas en la base. Las flores masculinas (estaminadas) no tienen bractéolas, con 4 o 5 sépalos, con 4 o 5 estambres, anteras con 2 celdas y abundante polen; las flores femeninas (pistiladas) tienen bractéolas (hojas modificadas pequeñas) de 4 a 12 mm de longitud que perduran hasta la maduración del fruto encerrándolo y formando la diáspora (unidad de dispersión). Las flores masculinas y femeninas nacen al término de las ramas (en diferentes plantas en individuos dioicos o en la misma planta en los que son monoicos).

**Fruto:** es un utrículo duro de paredes gruesas, que incluye tanto al pericarpio como a cuatro alas o brácteas. Las brácteas son sésiles o cortamente pedunculadas de 4 a 12 mm, forman alas laterales y extendidas, de margen entero o dentado, con superficies lisas, planas, o con pequeñas excrescencias que están unidas al fruto hasta su ápice. Dentro de ellas se tiene un pericarpio seco y delgado el cual contiene una semilla. El fruto es de color verde cuando es tierno, tornándose amarillo cuando alcanza el estado maduro.

**Semilla:** de ovada a circular, de 2 a 3 mm de longitud. La testa es de color castaño, liso, opaco o lustroso y membranoso. El embrión es arqueado o en forma de anillo, largo y de color crema a ligeramente amarillo. Con cotiledones curvos o semicirculares, carnosos, delgados, uno más largo que el otro. La radícula relativamente grande y curvada. El endospermo es abundante. Debido a que la semilla se ubica dentro de un fruto o utrículo indehisciente forma con éste la unidad de dispersión, la cual es popularmente denominada como la semilla del chamizo [Niembro, 1983] y presenta una cubierta externa, formada por brácteas que “proyectan” cuatro alas [Molina, 1992].

Reyes [1997] menciona que el número de diásporas en un kilogramo es de aproximadamente 57,887 y esta cantidad se duplica al eliminar las alas.

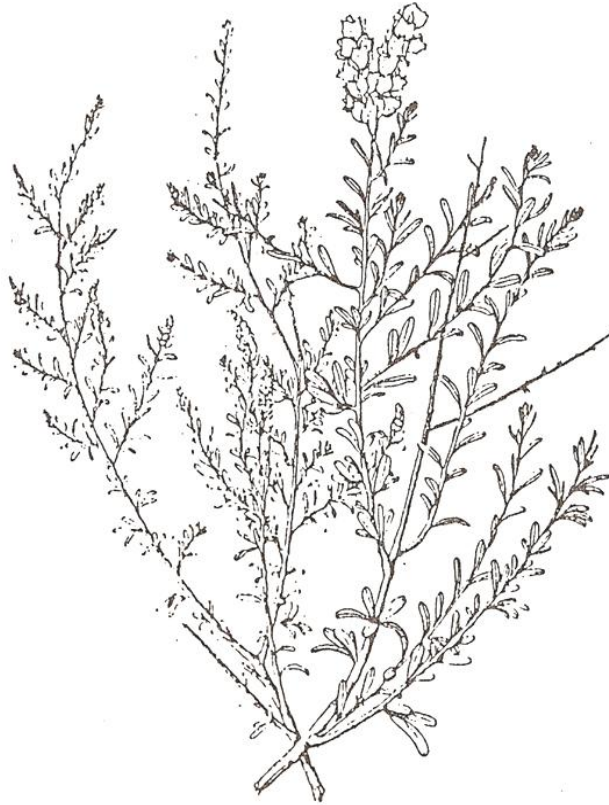


Figura 1. Morfología de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. [de Vines, 1960]

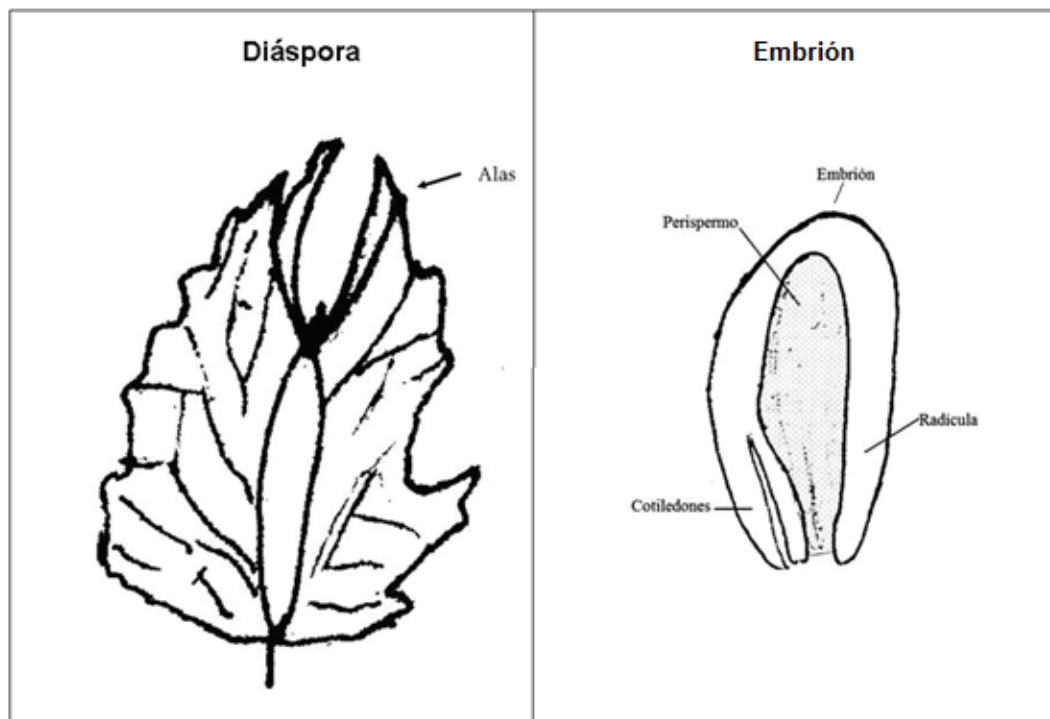


Figura 2. Diáspora y embrión de *Atriplex canescens*.

### 3.1.4. Distribución y hábitat

La familia Chenopodiaceae está constituida por hierbas, arbustos y rara vez por árboles de tamaño pequeño. La familia cuenta con 102 géneros y cerca de 1400 especies [Niembro, 1989] y tiene una distribución cosmopolita. Las quenopodiáceas cubren extensas áreas en los continentes, son comunes en lugares desérticos, semidesérticos, así como en pantanos salinos templados y localidades a la orilla del mar [Durant y Sanderson, 1984].

De la familia Chenopodiaceae, el género *Atriplex* es el más grande e importante, tanto desde una perspectiva ecológica como económica, por su valor forrajero [Durant y Sanderson, 1984]. Es un género muy especializado, ya que muchas de sus especies tienen mecanismos fisiológicos para competir en ambientes con exceso de sales y sujetas a sequías prolongadas [Romero-Paredes y Ramírez, 2003; Terán *et al.*, 1998]. Dicho género se encuentra ampliamente distribuido en las zonas áridas de Norteamérica, Sudamérica y Australia, encontrándose entre 60 a 90 especies en cada una de estas regiones [CONAZA, 1994]; así como en el norte y sur de África, en Irán e Israel [O'Leary, 1985]; con un rango de precipitación pluvial media que fluctúan de los 100 a los 500 mm anuales [CONAZA, 1994]. Dentro de *Atriplex*, la especie *canescens* se considera como una vegetación nativa de grandes áreas del Oeste y Suroeste de Estados Unidos, en algunas regiones del Sureste de Canadá, y en el Norte de México [Echavarría *et al.*, 2009]. En México *Atriplex canescens* se distribuye en los estados de Baja California, Durango, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Tamaulipas y Sonora [CONAZA, 1994; Niembro, 1990]. Crece en pequeños grupos dispersos, formando manchones o combinándose con hierbas y otros arbustos, raras veces forma poblaciones puras, como en Chihuahua [CONAZA, 1994].

La costilla de vaca o chamizo se encuentra establecida principalmente en hábitats áridos o semiáridos, gracias a su capacidad para tolerar el estrés fisiológico de agua debido las condiciones secas y suelos salinos de dichos hábitats y, por otra parte, la especie tiene gran versatilidad para establecerse en otros hábitats, ya que ha demostrado ser una halófito tolerante a condiciones salinas en desiertos fríos, además de ser una excelente colonizadora de áreas recientemente perturbadas [Gutiérrez *et al.*, 1981; Wilkins y Klopatek, 1984].

Esta especie se desarrolla en suelos muy diversos, siendo común encontrarla en arenosos, limo arenosos, areno arcillosos, arcillosos, franco arcillo salinos, altamente alcalinos y calcáreos [Gutiérrez *et al.*, 1981].

*Atriplex canescens* crece en llanos, laderas de cerros y valles intermontanos. Es común encontrarla también en cuencas cerradas en las partes bajas donde se acumulan sales [CONAZA, 1994]. Otros hábitats donde se encuentra son: dunas de arena, planicies salinas desérticas o yesosas, sobre rocas ígneas, barrancas, lomeríos, cimas de montañas, arroyos, marismas salinas y donde se acumula suficiente humedad proporcionada por agua de lluvia. El rango altitudinal en el cual se desarrolla varía de 1.5 a 1,900 msnm [Molina, 1992].

*Atriplex canescens* se encuentra establecida en zonas de baja precipitación, en suelos con bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de sales [Echavarría *et al.*, 2009]. La costilla de vaca es una especie arbustiva resistente a la sequía que forma comunidades puras o asociadas con arbustos como *Prosopis juliflora*, *Larrea tridentata* y con herbáceas del género *Sporobolus hilaria*. La costilla de vaca es tolerante a las concentraciones moderadas y altas de salinidad y alcalinidad [Romero-Paredes y Ramírez, 2003]. La planta adulta tiene la capacidad de soportar las temperaturas extremas de los desiertos, por lo que rara vez presenta daños por heladas o insolación y también tiene resistencia a los incendios [Valdez *et al.* 2003]. El chamizo es muy tolerante a los suelos salinos, con sodio en el perfil y también al fuego; sirve además como controlador de la erosión [Gutiérrez *et al.*, 1981].

### **3.1.5. Fenología**

La costilla de vaca tiene crecimiento activo de mayo a noviembre. Dentro de este periodo se efectúa la floración, que empieza en junio y continúa hasta agosto. La formación del fruto es entre agosto y septiembre. La madurez de la semilla es entre octubre y noviembre. El crecimiento vegetativo más activo se realiza entre mayo y junio y el mayor valor nutritivo se tiene en enero y febrero [Martínez y Villanueva, 1985].

El periodo de menor actividad comprende de enero a mayo, etapa en la que se minimiza su nivel de respiración. La nutrición se realiza gracias a las reservas contenidas en sus raíces, almacenadas durante el verano, para utilizarlas más tarde en las épocas críticas del año [Martínez y Villanueva, 1985].

La diáspora se desarrolla gradualmente a través del verano, siendo de color verde cuando es tierna y al madurar en el otoño se torna amarilla y es consumida por el ganado [Martínez y Villanueva [1985]. (Figura3).

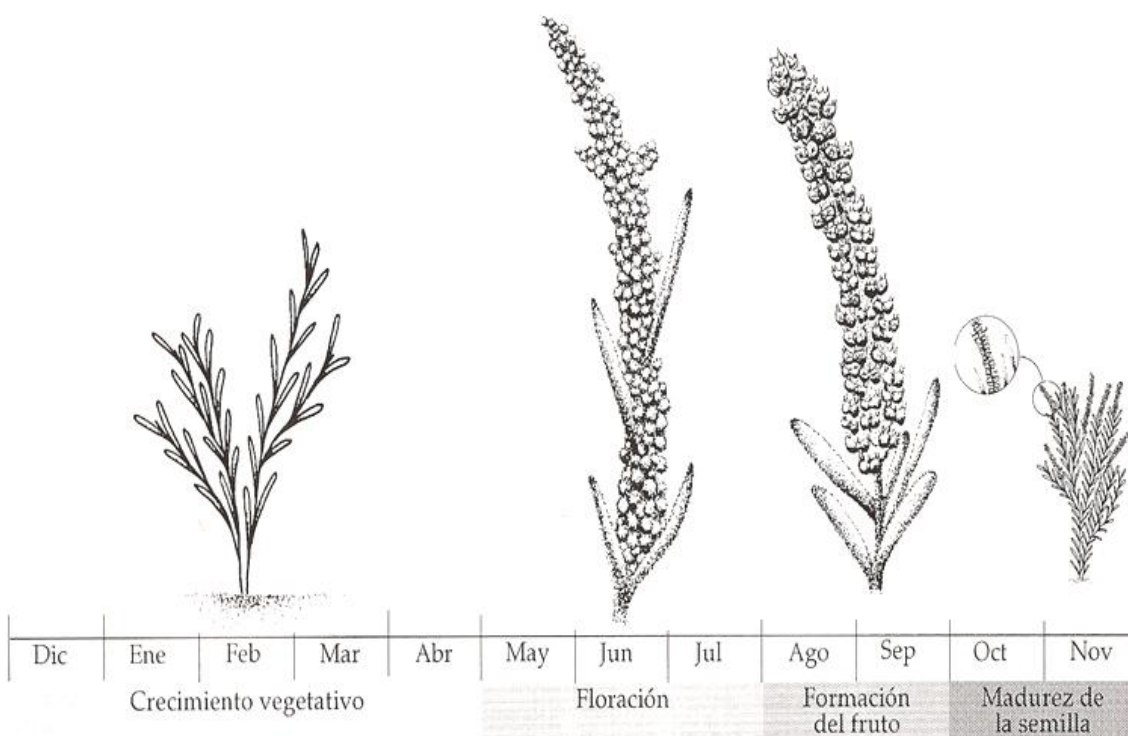


Figura 3. Desarrollo fenológico de *Atriplex canescens*

### 3.1.6. Importancia

Los arbustos del género *Atriplex* han recibido mayor utilización como forraje de ganado, combustible y en reforestación de tierras perturbadas en regiones áridas. Su potencial está siendo evaluado en varias partes del mundo: Norteamérica, África, Australia, Oriente Medio [Molina, 1992; CONAZA, 1994] y constituye una parte importante de la flora local en muchas regiones del mundo, siendo pastoreado y ramoneado por ovinos y caprinos. Algunas especies han sido analizadas en cuanto a su productividad, composición química y preferencia por animales de pastoreo [Molina, 1992; Romero-Paredes y Ramírez, 2003].

La vegetación de *Atriplex canescens* constituye una importante fuente de alimento para el ganado a lo largo de todo el año en las regiones áridas y semiáridas de México, principalmente en época de invierno y sequía, cuando la producción de otras especies forrajeras es casi nula. Por su alto valor nutritivo, durante casi todo el año, en las poblaciones naturales es consumida directamente por bovinos, caprinos y ovinos; la costilla de vaca también sirve de alimento a la fauna silvestre como venados, conejos, liebres, ardillas y otros [CONAZA, 1994]. El aprovechamiento de éstos arbustos, en algunos casos, ha sido una forma de mejorar la productividad de los agostaderos, al reemplazar la vegetación nativa; también se ha utilizado para reforestar áreas degradadas o erosionadas [Romero-Paredes y Ramírez, 2003].

*Atriplex canescens* es un arbusto nativo del matorral desértico que se utiliza principalmente para proveer de forraje a bovinos, caprinos y ovinos durante el invierno y los periodos de sequía prologados, debido a que permanece verde, proporcionando un excelente alimento al ganado con buenas características nutricionales y paleables. Esto permite a los propietarios de ganado contar con forraje que aporte proteína para el ganado en la época de sequía e invierno [Romero-Paredes y Ramírez, 2003]. Las partes comestibles son tallos tiernos, hojas y frutos [O'Leary, 1985]. Cuenta con un alto contenido de proteína digestible, utilizable por herbívoros. El tejido foliar es de elevado contenido proteínico. Las hojas y tallos, de acuerdo a sus análisis bromatológicos, con una base de materia seca del 91.3%, contienen: proteína cruda 15.7%, extracto etéreo 4.3%, fibra cruda 15.0%, cenizas 12.2% y extracto libre de nitrógeno 52.8% [CONAZA, 1994]; por lo que su contenido de proteínas y grasa complementan la dieta de los animales, tanto domésticos como silvestres [Gutiérrez *et al.*, 1981].

Las plantas tienen la capacidad de soportar un ramoneo intensivo, pero si no se tiene cuidado y se prolonga por varios años consecutivos, se debilitan y generalmente mueren. Dado que las diásporas son muy apetecidas por el ganado, la reproducción sexual del arbusto es baja cuando hay un pastoreo intensivo durante el verano [Gutiérrez *et al.*, 1981].

Puede ser una buena alternativa para cultivarse en zonas áridas y semiáridas por su adaptabilidad a condiciones salinas y su tolerancia a la sequía, debido a su capacidad de resistir altas temperaturas y requerir poca precipitación, que son factores limitantes para otras especies de plantas. También sirve para mantener el entorno natural y conservar el suelo por sus raíces profundas y abundante follaje [CONAZA, 1994].

En áreas degradadas de Zacatecas, Echavarría [2009] sugiere cambiar cultivos de baja productividad de terrenos agrícolas, por pastos o matorrales que estén adaptados a la región para alimentar al ganado ovino y caprino para aprovechar mejor estos terrenos. El chamizo es un arbusto que podría establecerse en estas áreas, pues tiene buena adaptación a lugares con baja precipitación pluvial y condiciones de suelos limitativos.

Esta planta presenta una alta producción por unidad de superficie, ya que en una plantación con una densidad de 5000 plantas por hectárea y con corte al 50% del follaje, puede obtenerse hasta una tonelada de materia seca por corte en dicha superficie [CONAZA, 1994].

Es uno de los arbustos más importantes en la reforestación del Suroeste árido de Estados Unidos; se utiliza especialmente para la recuperación de suelos en las minas de carbón y de minerales metálicos, los cuales han sido alterados física y químicamente; en el mejoramiento de cordilleras, como excelente estabilizador de suelos y bordes de caminos, para atrapar los sedimentos sobre las planicies aluviales inundadas; pero su principal uso ha sido mejorar el ramoneo de animales de caza y los terrenos de pastizales para el ganado vacuno, particularmente en áreas desérticas y semidesérticas [Aldon, 1984; Briggs, 1984; O’Leary, 1985].

### 3.2. Chapulixtle (*Dodonaea viscosa*)

#### 3.2.1. Clasificación

Según Jones [1986], esta especie pertenece a:

División.....	<i>Magnoliophyta</i>
Clase.....	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase.....	<i>Rosidae</i>
Orden.....	<i>Sapindales</i>
Familia.....	<i>Sapindaceae</i>
Género.....	<i>Dodonaea</i>
Especie.....	<i>Dodonaea viscosa(L)Jacq</i>

### 3.2.2. Sinonimia científica y vulgar

#### a) Sinonimia Científica

Presenta las siguientes sinonimias en la literatura:

- *Dodonaea schiedeana* Schlecht. in *Linnaea*, xviii (1844) 33 (err. Typ. 49).\*
- *Ptelea viscosa* L. Sp. Pl. 118.1753 [Standley y Steyermark, 1946]
- *Dodonaea asplenifolia*, Rudge, in *Trans. Linn. Soc.*xi (1815) 297.t.20\*
- *Dodonaea natalensis*, Son. In *Linnaea*, xxiii. (1850) 23. \*
- *Dodonaea viscosa* Sieber ex Schltldl. -- *Linnaea* 18: 36 (err. typ. 52). 1844 \*
- *Dodonaea viscosa* Mart. -- *Flora* 22(1, Beibl.): 57 (1839); Cf. Schlecht. in *Linnaea*, 18: (1844) 35(err. typ. 51).\*
- *Dodonaea viscosa* Jacq. -- *Enum. Syst. Pl.* 19. 1760 [Aug-Sep 1760] ; *Linn. Mant.* 228\*
- *Dodonaea viscosa* Royen ex Blume -- *Rumphia* 3: 191. 1849 [Jan 1849] \*
- *Dodonaea wightiana* Blume -- *Rumphia* 3: 189. 1849 [Jan 1849]\*

[\* Daydon, 1960].

#### b) Sinonimia Vulgar

Martínez [1990] cita los siguientes nombres con los que comúnmente se le conoce en las diferentes localidades de México:

"Chapulixtle" en México, "Ocotillo" en Guanajuato e Hidalgo, "Jirimú" 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.



### 3.2.3. Descripción [Marroquín, 1985; Martínez, 1990]

**Forma:** el chapulixtle es un arbusto muy resinoso, de 1 a 5 m de alto, perennifolio, notable por el verdor y lo fresco de sus hojas.

**Ramas:** son extendidas o erectas, glabras y aglutinantes; con ramillas anguladas o aplanadas, usualmente con ligeras nervaduras (Figura 4).

**Hojas:** simples, lineares u oblango-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. La sustancia resinosa segregada por las hojas les proporciona una cubierta protectora que evita la pérdida de agua, por lo que tolera sequías, heladas y vientos [Gilman, 1999, citado por Rojas, 2010].

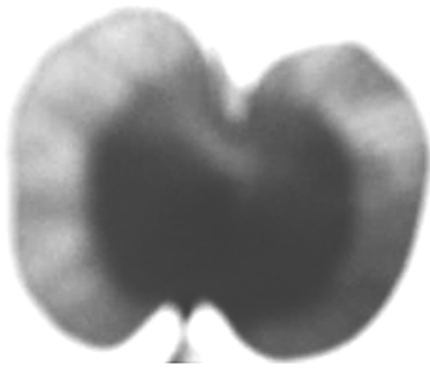
**Flores:** amarillentas, unisexuales, actinomorfas, en corimbos cortos laterales, perianto de 2 a 5 tépalos; con tépalos de 3 mm de largo; con androceo de 5 a 8 estambres con filamentos cortos, anteras oblango-lineares.

**Fruto:** cápsular membranoso, trilocular, glabro, de 1.5 a 2.5 cm de ancho, de color cobrizo, con tres alas, frecuentemente con una semilla, aunque en ocasiones puede contener hasta tres (Figura 5).

**Semillas:** esferoides, de 2.4 mm de diámetro, de color negro o café oscuro brillante. Cervantes y Sotelo [2002] mencionan que para esta especie el número de semillas por kilogramo es de 105,263.



Figura 4. Aspecto de dos ramas, con frutos secos y abundante follaje de *Dodonaea viscosa*. En Tilantongo, Oaxaca.



Fruto

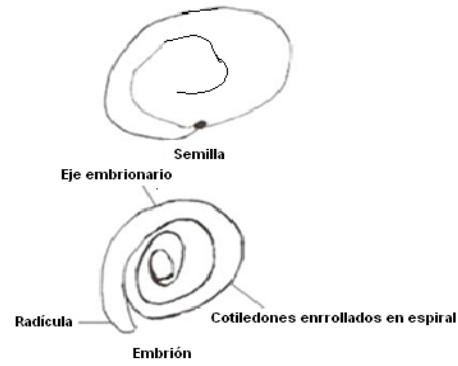


Figura 5. Fruto, semilla y embrión de *Dodonaea viscosa*.

### 3.2.4. Distribución y hábitat

La familia Sapindaceae está constituida por árboles, arbustos, lianas leñosas y herbáceas, con 140 a 150 géneros y cerca de 1500 a 2000 especies, distribuyéndose ampliamente en zonas tropicales y subtropicales del mundo, aunque algunas se localizan en zonas templadas [Niembro, 1989].

*Dodonaea viscosa* es una planta cosmopolita de las zonas tropicales y subtropicales del mundo, que se puede encontrar en diversos sitios como Australia, África, Nueva Zelanda [West, 1984] y América. En México, el chapulixtle se distribuye de manera natural en casi todo el país y se encuentra en zonas templadas, subtropicales, tropicales y semiáridas, creciendo en una amplia variedad de suelos, incluyendo los someros, rocosos y con fuertes pendientes [Camacho *et al.*, 1993a]; forma parte del bosque tropical caducifolio y de los matorrales originados por la destrucción del bosque de *Quercus* [Niembro, 1990]. Rzedowski [1983] menciona que el chapulixtle es uno de los matorrales más típicos, originado a consecuencia de la destrucción de los encinares, cuya característica es el verdor permanente de sus hojas, pero señala que esta especie no siempre se debe considerar forzosamente como la etapa sucesiva del bosque de *Quercus*.

Los estados donde se distribuye el chapulixtle en forma natural son: Baja California, Chihuahua, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Oaxaca [Gardezi *et al.*, 2000; Bonfil *et al.*, 2009]; Michoacán, Guerrero [Niembro, 1990]; Chiapas [Martínez, 1990]; Coahuila, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Puebla, Querétaro, D.F., Quintana Roo, Veracruz y Yucatán [Villaseñor y Espinoza, 1998; citados por Rojas, 2010].

*Dodonaea viscosa* puede habitar desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm, con precipitación anual que va de los 200 a 800 mm y 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.*, 1993a]. Esta planta se puede adaptar a condiciones críticas de sequía, pedregosidad, frío y suelos pobres o deteriorados. Los lugares donde se les puede encontrar son tan diversos como: barrancos, lomeríos, laderas, pastizales, campos abandonados, áreas muy deterioradas, bordes de corrientes, áreas expuestas al sol, espacios con sobrepastoreo y lugares que han sufrido incendios [Juan-Pérez *et al.*, 2010], así como en pendientes pronunciadas o ligeras [Cervantes y Sotelo, 2002].

*Dodonaea viscosa* se establece en una gran diversidad de suelos, como son: arenosos, arcillosos, someros o profundos e incluso en grietas entre las piedras [Camacho *et al.*, 1993a].

Esta especie es una planta muy exigente de iluminación solar (heliófila), que prefiere los sitios donde los rayos solares incidan directamente sobre ella [Juan-Pérez *et al.*, 2010]; los sitios sombreados producen plantas raquílicas que son atacadas por cenicillas en la temporada húmeda [Camacho *et al.*, 1993a].

En el poblado de Cuentepec, ubicado al noroeste del Estado de Morelos, se hizo un estudio para saber qué especies nativas de la zona podrían utilizarse para restablecer esta área, y se encontró que *Dodonaea viscosa* presentó un buen establecimiento inicial y alta capacidad de rebrote después de un incendio superficial. También se observó que la supervivencia de este arbusto se ve afectada por el sitio, encontrándose una mayor sobrevivencia en suelos de ladera poco inundables, que en suelos planos y profundos con mayor contenido de arcilla, donde se tuvo un 32% de supervivencia; se concluyó que esta planta es útil para la restauración de ese pastizal, siempre y cuando se evite plantarlas en micrositos susceptibles a encharcarse durante la temporada húmeda [Bonfil *et al.*, 2009].

Esta planta presenta la capacidad de formar poblaciones densas y dominantes en terrenos alterados y arenosos por su poder alelopático. La alelopatía se reconoce como un mecanismo ecológico que influye en la sucesión vegetal primaria y secundaria para la formación de comunidades vegetales homogéneas [Maraschin-Silva y Agüila, 2005].

Maraschin-Silva y Agüila [2005] encontraron metabolitos secundarios en el follaje, como saponinas y taninos, los cuales inhibieron el desarrollo inicial de plántulas después de germinadas. Este poder alelopático puede ser una estrategia para su establecimiento inicial, retardando la de otras plantas.

### 3.2.5. Fenología

Una característica relevante de esta especie es que en época de sequía permanece verde a comparación de otras especies [Camacho *et al.*, 1993a].

El chapulixtle produce semillas año tras año; como retiene por mucho tiempo sus frutos, se pueden cosechar en cualquier época, pero los mayores rendimientos se obtienen de diciembre a abril, es decir, en la temporada seca [Camacho *et al.*, 1993a].

De acuerdo con Cervantes y Sotelo, 2002, la floración del chapulixtle se presenta de septiembre a diciembre, el desarrollo del fruto de noviembre a abril y la producción de semilla de febrero a abril (Figura 6).

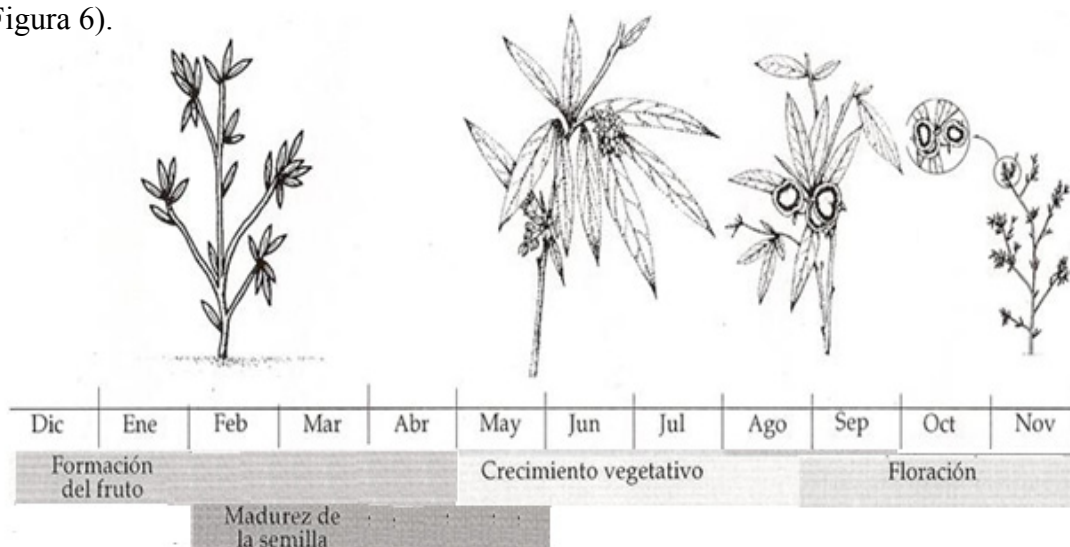


Figura 6. Desarrollo fenológico de *Dodonaea viscosa*.

### 3.2.6. Importancia

*Dodonaea viscosa* es una especie abundante en lugares perturbados y ha demostrado ser útil para retener suelo, disminuyendo la erosión y fomentando su recuperación [Bonfil *et al.*, 2009]. Por lo que la planta es recomendada para reforestar terrenos secos y desnudos, así como para la estabilización de arenas movedizas [Niembro, 1990]. Por su adaptación a afloramientos rocosos, suelos someros y erosionados, se sugiere establecer esta especie para la restauración ambiental, principalmente en zonas impactadas por extracción de material pétreo [Juan-Pérez *et al.*, 2010]. La capacidad de regeneración del chapulixtle y su alta producción de hojarasca permite, por una parte, el mejoramiento de un suelo incipiente y, por la otra, el establecimiento de organismos descomponedores; esta planta crea un ambiente que favorece el establecimiento de plántulas de otras especies [Ramos, 2002], no obstante que se le ha atribuido ser alelopática.

El chapulixtle tiene múltiples usos en la región cálida del sur del Estado de México, contribuye de manera importante en la economía de las familias campesinas por los diversos usos y aprovechamientos que se obtienen de ella tales como: combustible (leña), medicinal, ornamental, pesticida, construcción, en la agricultura, agroforestería y para recargar acuíferos. Los horticultores lo usan como tutor en el cultivo de jitomate, tomate, zarzamora y chile [Juan-Pérez *et al.*, 2010].

En el Estado de Morelos, las varas del chapulixtle se emplean para sostener el cultivo de jitomate, tomate de cáscara y pepino, sirviendo de soporte a estos cultivos durante la fase reproductiva y de maduración del fruto. La vara obtenida de tallos y ramas es muy resistente y durable de tal manera que se utiliza varias veces, hasta por 5 o 6 ciclos agrícolas. El tamaño de los tutores recomendado es de 2.5 a 3 cm de diámetro y de 1.7 a 2 m de altura [Cervantes y Sotelo, 2002]. Debido a su utilidad, se ha sugerido su cultivo en el Estado de Morelos [Camacho *et al.*, 1993a]. Juan-Pérez *et al.*, [2010] menciona que una hectárea produce unas tres mil varas en el primer año, en el segundo año llega a producir 15 mil, por un periodo de 5 años.

Respecto al empleo ornamental del chapulixtle, éste es utilizado en la formación de setos vivos en zonas urbanas [Camacho *et al.*, 1991]. En el centro comercial Plaza Satélite de Naucalpan, Estado de México, se encuentran setos de chapulixtle [Juan-Pérez *et al.*, 2010].

Camacho *et al.*, [1991] observaron en el Municipio de Naucalpan, Estado de México, que esta especie se estaba empleando como elemento de jardinería. Se trataba de individuos nacidos espontáneamente en los jardines, a los cuales 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.

En algunos países, *Dodonaea viscosa* se emplea con fines medicinales, sobre todo las hojas, las cuales sirven para controlar la fiebre, cólicos, reumatismo, enfermedades venéreas y algunas veces como anestésico [Standley, 1923; citado por West, 1984]. Los indígenas en algunos países le dan un uso medicinal; las hojas se utilizan como anti-inflamatorio, antibacterial, anti-ulcera, anti-hongo y para tratamiento de fracturas. En India, la infusión de hojas sirve para tratar gota, hemorroides, eczema, úlceras simples y mordedura de serpiente [Ahmad *et al.*, 1987; Venkatesh *et al.*, 2008]. En los Valles Centrales de Oaxaca la planta se aprovecha como remedio para inflamaciones, hinchazón, reumatismo y contra el dolor [Mata *et al.*, 1991]. El chapulixtle también se usa como laxante, febrífugo, para cicatrizar, curar heridas, quemaduras y escaldaduras [Ahmad *et al.*, 1994]. En ciertas localidades se destina para la elaboración de leña, carbón, manufactura de bastones y mangos para herramientas [Niembro, 1990], así como para construcciones rústicas, especialmente para las paredes llamadas de varenque o bahareque [Camacho *et al.*, 1993a].

Rojas [2010] dice que *Dodonaea viscosa*, en asociación con el hongo *Lewia* sp, es una alternativa para extraer plomo de suelos contaminados con este metal, por lo que se le cataloga como una planta con potencial fito-estabilizador, ya que acumula plomo en sus raíces y tallos.

### **3.3. Germinación**

#### **3.3.1. Concepto**

La germinación es un conjunto de acontecimientos que empieza con la imbibición de agua por parte de la semilla y la activación de sus procesos metabólicos pre-germinativos, aumento de la actividad respiratoria y movilización de nutrientes; continúa con el alargamiento celular de la radícula y termina con la ruptura de los tegumentos de la semilla [Bacchetta *et al.*, 2008].

Otra definición menciona que la germinación es el proceso mediante el cual, el embrión de la semilla adquiere el metabolismo necesario para reiniciar su crecimiento y transcribir las porciones del programa genético (suspendidos temporalmente durante la dormición) que lo convertirán en planta [Jann y Amen, 1987].

### 3.3.2. Desarrollo del fenómeno

Para que se realice la germinación es necesaria una serie de condiciones tales como: la semilla debe estar viva y madura [Bacchetta *et al.*, 2008]. Debe estar en un ambiente adecuado para el crecimiento vegetal y no tener mecanismos que impidan el crecimiento del embrión [Hartman y Kester, 1997]. Hilhorst [2007] menciona que la ausencia de germinación puede deberse a algunos factores en la semilla o unidad de dispersión que pueden bloquear la germinación.

El proceso de germinación es una compleja secuencia que involucra cambios bioquímicos, morfológicos y fisiológicos en la semilla [Hartmann y Kester, 1997] que implica seis fases [Parker, 2000]:

- 1) Imbibición de agua
- 2) Activación enzimática
- 3) Hidrólisis y catabolismo de los componentes almacenados
- 4) Iniciación del crecimiento del embrión
- 5) Anabolismo o formación de nuevas estructuras celulares
- 6) Emergencia de la planta

Hilhorst *et al.*, [2006] mencionan que la absorción de agua durante el proceso de germinación se lleva a cabo en tres fases:

**Fase I.** Se da un fuerte aumento en el contenido de agua en la semilla, el cual es causado por un gran potencial de agua entre la semilla y el medio ambiente.

**Fase II.** Es un periodo de duración variable en el cual un pequeño cambio en el contenido de agua en la semilla casi no se observa.

**Fase III.** La radícula empieza a captar agua extra, ya que sobresale a través de los tejidos circundantes, tales como el endospermo o pericarpio. Obviamente, la protrusión de la radícula es el resultado de la expansión forzada del embrión y la eliminación a la retención de tejidos circundantes, como el endospermo y la testa.

Barceló [2005] menciona que en la fase II se dan los principales acontecimientos metabólicos que conducen a la emergencia de la radícula, sólo las semillas aptas para germinar entran en la fase III, en la cual se da nuevamente un aumento en la absorción de agua y que es concurrente con la elongación de la radícula. El inicio de la absorción de agua por la semilla seca (fase I) es un proceso físico impulsado por el potencial mátrico de los constituyentes de la semilla y ocurre tanto en semillas vivas como en muertas [Nonogaki *et al.*, 2007].

El proceso de germinación termina cuando la radícula atraviesa la cubierta de la semilla. Sobre este fenómeno se tienen varios criterios que cambian conforme a los autores, objetivos y métodos empleados para estudiarla.

En pruebas de laboratorio, en donde las semillas se colocan sobre un sustrato o bien se pueden descubrir fácilmente, se considera que ocurre germinación cuando la radícula atraviesa las cubiertas [Camacho, 1994].

Cuando se realizan siembras dentro de un sustrato con partículas sueltas, se considera que ocurre germinación cuando los tallos emergen del sustrato o suelo. Respecto a esto, los criterios varían, porque algunos consideran emergencia a la salida del brote o gancho de emergencia, hasta el estiramiento de éste o incluso esperan hasta la expansión de las primeras hojas [Díaz y Ríos, 1993]. Hilhorst *et al.*, [2006] consideran a la germinación desde un punto de vista agronómico, en el cual incluye la emergencia y el establecimiento de la plántula.

Cabe mencionar que este fenómeno -germinación- abarca un cierto periodo de tiempo muy variable, debido a que depende de la especie y de las condiciones ambientales a que esté expuesta la semilla; puede realizarse desde unas horas o tardar hasta varias semanas. Durante este tiempo se presentan las siguientes etapas [Camacho y Morales, 1992]:



- 1) Inicio: es el tiempo que transcurre entre la siembra y el momento en que aparece la primera semilla germinada.
- 2) Incremento rápido: el número de semillas germinadas se incrementa con rapidez hasta alcanzar un máximo y después disminuye lentamente.
- 3) Estabilización: en esta etapa ya no se dan germinaciones, las semillas remanentes necesitaran de un tiempo más largo para germinar.

Estas etapas describen la curva de germinación, la cual tiene una forma típica de acuerdo al tipo de evaluación realizada y puede ser sencilla o acumulada [Camacho y Morales, 1992].

Las evaluaciones realizadas durante el periodo de estudio de una especie dada, permiten cuantificar la germinación y medir el tiempo en que ocurre por medio de fórmulas matemáticas [Camacho, 1994; Maguire, 1962].

### **3.3.3. Factores que intervienen**

El medio ambiente y la composición de la semilla son factores que influyen en la germinación [Bacchetta *et al.*, 2008].

#### ***a) Factores del medio ambiente.***

A continuación se señala la importancia que tienen los principales factores externos sobre la germinación de la semilla (agua, oxígeno y temperatura):

El agua es indispensable en el proceso de hidratación de la semilla, la cual la absorbe para que puedan entrar en actividad las enzimas que inician el proceso de germinación. Se activan enzimas específicas que hidrolizan la reserva nutritiva para alimentar al embrión.

Los materiales alimenticios en la semillas latente son almacenados en una forma concentrada y por lo tanto tienen una baja actividad fisiológica; pero, con la presencia de agua, las macromoléculas son convertidas en formas más sencillas para que puedan ser utilizadas en los puntos de crecimiento del embrión [Sharma, 2009]. El agua reblandece, hincha y rompe los tegumentos de la semilla, lo que permite la salida de la nueva planta [Hartmann y Kester, 1997].

Generalmente la humedad presente en la tierra es suficiente para la germinación, pero algunas semillas con cubierta dura o inhibidores requieren más agua [Sharma, 2009]. Cada especie necesita una determinada cantidad de agua, y su disponibilidad permite la activación del metabolismo que movilizará las sustancias del endospermo como fuente de energía hasta que la plántula tenga capacidad fotosintética [Bacchetta *et al.*, 2008].

Oxígeno: el aire lleva oxígeno al embrión; cuando el embrión está en vida latente tiene una respiración muy leve, pero en el momento que se inicia el proceso de germinación, la respiración se hace intensa, entonces se necesita una gran cantidad de oxígeno; si la aportación de oxígeno en el momento de la germinación está limitada o reducida, la germinación se puede retardar o inhibir [Parker, 2000]. El oxígeno disuelto en el agua de imbibición es el que utiliza el embrión para sus necesidades metabólicas [Bacchetta *et al.*, 2008].

Una temperatura adecuada es indispensable para la germinación. Las semillas de muchas especies necesitan de una determinada temperatura para germinar, por lo que se han agrupado de acuerdo con sus exigencias: aquellas cuyas semillas germinan sólo a bajas temperaturas, las que germinan a altas temperaturas y aquellas que germinan en una gran gama de temperaturas. De acuerdo con estas exigencias se ha establecido un mínimo, un máximo y un óptimo para la germinación. La temperatura determina el porcentaje y la velocidad de la germinación [Hartmann y Kester, 1997; Parker, 2000]. Una temperatura inadecuada puede inducir dormición secundaria [Bacchetta *et al.*, 2008].

### ***b) Factores de la semilla.***

Los factores propiamente de la semilla que influyen en su germinación son tres: viabilidad, madurez y barreras físicas y químicas (testas impermeables, sustancias inhibidoras) [Hartmann y Kester, 1997; Camacho 1994].

**Viabilidad:** se refiere a que la semilla debe estar viva y tener la capacidad de producir una plántula [Camacho, 2000]. La viabilidad es importante, ya que existen diversas causas externas que pueden perjudicar al embrión y hacerle perder la vida. Se ha visto que muchas semillas son atacadas por hongos y bacterias que destruyen su reserva y al embrión [Ruíz. 1979].

**Madurez:** es importante que la semilla tenga un desarrollo completo, el embrión debe estar completamente desarrollado y su reserva nutritiva acumulada en su totalidad, lo cual permitirá el crecimiento del embrión y la alimentación de éste durante el proceso de germinación, la cual se basa exclusivamente en el material de reserva que se acumula durante la formación de la semilla [Hartmann y Kester, 1997].

**Barreras físicas y químicas:** la cubierta de la semilla de algunas especies puede impedir la germinación de éstas, al no permitir el paso del agua, restringir la expansión del embrión o al no permitir el paso del oxígeno [Hartmann y Kester, 1997]. La presencia de sustancias inhibitoras puede impedir la germinación. Los inhibidores de la germinación y crecimiento de la plántula han sido aislados de diferentes partes de una semilla: pericarpio, testa, endospermo y embrión. Los compuestos fenólicos en general actúan como inhibidores naturales de la germinación. El ácido abscísico (ABA) es otro inhibidor común en los tejidos de la planta [Sharma, 2009].

### **3.4. Problemas que presentan algunas semillas para germinar**

Muchas semillas puestas en condiciones propicias o ideales para germinar no lo hacen, debido a que ciertos mecanismos les impiden hacerlo. A estas semillas se les conoce como latentes, durmientes o con dormición [Baskin *et al.*, 2001, 2003; Schmidt, 2000; Hilhorst *et al.*, 2006; Cardoso, 2009].

La dormición, dormancia, latencia o letargo [Camacho, 1994] se define, de acuerdo a Salisbury y Ross [1994], como el estado en el que se encuentra una semilla viable que no germina, aún cuando dispone de condiciones propicias para hacerlo, como suficiente humedad para embeberse, una aireación similar a las primeras capas de un suelo bien ventilado y una temperatura asociada con la actividad fisiológica (10 a 30 °C).

La dormición se ha desarrollado como un mecanismo que impide la germinación bajo condiciones desfavorables; es una estrategia de la semilla para asegurar la supervivencia de la nueva plántula [Schmidt, 2000]. Las semillas pueden presentar dormición primaria cuando, al desprenderse de la planta madre, se encuentran en estado durmiente; esto significa que la dormición se inicia durante el desarrollo de la semilla.

La dormición secundaria o inducida se presenta en semillas sin dormición, pero debido a las condiciones ambientales desfavorables se vuelven durmientes [Barceló *et al.*, 2005]. A la dormición primaria y secundaria también se les denomina innata e inducida, respectivamente [Schmidt, 2000].

#### **3.4.1. Causas**

La incapacidad de las semillas para germinar puede deberse a diversas causas o mecanismos, los cuales pueden residir tanto en las cubiertas más externas de la semilla como en sus tejidos internos y en el embrión mismo [Nikolaeva, 1977; Bradbeer, 1988; Taiz y Zeiger, 2006; Debeaujon *et al.*, 2007].

Las causas que originan la dormición de semillas se pueden clasificar de acuerdo al mecanismo, localización y origen de la restricción o inhibición [Nikolaeva, 1977; Bradbeer, 1988; Baskin y Baskin, 2001; Bacchetta *et al.*, 2008]:

- Impermeabilidad al agua.
- Baja permeabilidad a los gases.
- Resistencia mecánica al crecimiento del embrión.
- Permeabilidad selectiva a los reguladores del crecimiento.
- Bloqueos metabólicos.
- Presencia de inhibidores.
- Embriones rudimentarios.
- Adquisición de mecanismos inhibitorios.

#### **3.4.2. Tipos de dormición**

Basándose en la clasificación que realizó Nikolaeva [1977], Baskin y Baskin [2003] desarrollaron un sistema de clasificación de la dormición en cinco tipos que son: dormición física, morfológica, fisiológica, morfo-fisiológica y combinatoria.

### **3.4.2.1. Tipo físico**

La dormición física es causada por una cubierta impermeable al agua, es decir, que la semilla posee una capa que no permite la absorción de agua, por lo tanto, no hay imbibición [Baskin *et al.*, 2000]. El tejido está formado por varias capas, la capa más externa (cutícula) puede tener cera, la cual es repelente al agua; además, la presencia de sustancias pépticas de la cubierta de la semilla que son responsables por su impermeabilidad al agua [Baskin *et al.*, 2000]. Por otra parte, el micrópilo por donde podría penetrar el agua tiene un tapón de corcho, que obstruye la entrada de la misma en algunas leguminosas. La cubierta puede ser una barrera que impide el intercambio gaseoso [Schmidt, 2000].

En semillas con dormición física, basta con perforar la cubierta para que se realice la germinación o aplicar inmersiones en agua caliente, ácido o con lijado de la testa [Camacho, 1994].

### **3.4.2.2. Tipo morfológico**

La dormición de tipo morfológico se caracteriza por la presencia de embriones pequeños diferenciados (poco desarrollados) o no diferenciados, los cuales necesitaran de un tiempo para crecer. El crecimiento y desarrollo de estos embriones se lleva a cabo después de que la semilla se ha dispersado, siempre y cuando se presenten las condiciones propicias para hacerlo. El grado de diferenciación y tamaño de los embriones rudimentarios varía dependiendo de la especie. El tiempo para que el embrión termine su desarrollo en condiciones óptimas es diferente según la especie, algunos requieren pocos días y otros necesitaran de varios meses, por lo tanto el factor que determina la profundidad de la dormición es la capacidad del embrión para crecer; si este desarrollo no ha terminado la germinación no se puede llevar a cabo. La presencia de embriones rudimentarios no es la única causa de la dormición morfológica, también está combinada con la presencia de inhibidores, un intercambio gaseoso limitado o un bloqueo metabólico [Nikolaeva, 1969 citada por Camacho, 1994; Nikolaeva, 1977].

Además de la presencia del embrión no desarrollado, la evidencia de que existe dormición morfológica es que la semilla recién cosechada (fresca) tarde más de 30 días en germinar [Baskin y Baskin, 2003]. Para que el embrión se desarrolle y haya germinación, hay que aplicar un tratamiento húmedo y cálido a la semilla [Schmidt, 2000].

#### **3.4.2.3. Tipo fisiológico**

La dormición de tipo fisiológico se debe a la inhabilidad del embrión para realizar sus funciones y crecer, debido a bloqueos metabólicos que inhiben el metabolismo del embrión, impidiendo su desarrollo y por lo tanto su germinación [Camacho, 1994; Baskin y Baskin, 2001; Baskin y Baskin, 2003]. Para que estas semillas germinen se pueden aplicar tratamientos de estratificación fría o sustancias como la giberelina [Bacchetta *et al.*, 2008]. Nikolaeva [1977] distingue tres niveles de dormición fisiológica que son: no profunda, intermedia y profunda.

#### **3.4.2.4. Tipo Morfo-fisiológico**

La dormición morfo-fisiológica se presenta en semillas con embriones no desarrollados y que a la vez presentan dormición fisiológica; para que este tipo de semillas puedan germinar, el embrión debe crecer a su tamaño, dependiendo de la especie; posteriormente eliminar la dormición fisiológica. Según la especie, el crecimiento del embrión y a la vez la ruptura de la dormición fisiológica, se pueden lograr sometiendo la semilla a estratificación cálida, estratificación a temperatura ambiente o estratificación en frío [Baskin y Baskin, 2001].

#### **3.4.2.5. Combinatoria**

Cuando dos o más tipos de dormición se presentan en una semilla, se dice que tiene dormición combinada [Schmidt, 2000]. Las combinaciones que se pueden presentar son: física más fisiológica (semilla impermeable con embrión fisiológicamente durmiente), morfo-fisiológica (desarrollo incompleto del embrión combinada con inhibición fisiológica). El tratamiento a estas semillas consiste en aplicar escarificación, periodos más largos de estratificación fría, alternancia de temperaturas, remojo y secado [Bacchetta *et al.*, 2008].

Los tipos de dormición mencionados tienen diferentes grados de intensidad; es decir, algunas semillas germinan más fácilmente que otras al aplicar algún tratamiento, otras requerirán de un tratamiento más intenso [Camacho, 1994].

### **3.5. Algunos tratamientos que estimulan la germinación de semillas**

Se han mencionado algunas de las causas que impiden a la semilla germinar, las cuales pueden estar presentes en la cubierta, reserva nutritiva o embrión; en base a estos impedimentos, se han ideado tratamientos para eliminar tales restricciones o mecanismos inhibitorios y facilitar la germinación de las semillas con dormición. Como tratamiento, se entiende la aplicación de una técnica para hacer que una semilla con dormición germine. El objetivo del tratamiento es garantizar la germinación en forma rápida y uniforme. El tratamiento se realiza poco antes de la siembra [Schmidt, 2000]. Existen varios tratamientos pre-germinativos, de los cuales sólo se mencionarán algunos.

#### **3.5.1. Escarificación mecánica**

Escarificar (raspar, quebrar, cortar o perforar) la cubierta dura de la semilla permite la absorción de agua y la penetración de oxígeno, los cuales son indispensables para el proceso de germinación. La cubierta puede también contener inhibidores que impiden la germinación o ser una barrera muy dura que pone resistencia al crecimiento del embrión; los inhibidores, así como la cubierta dura de la semilla, se pueden eliminar por medio de esta técnica [Baskin *et al.*, 2004; Camacho, 1994; Hartmann y Kester, 1997].

Dentro de la escarificación mecánica existen varias técnicas, las cuales van desde la simple ralladura de la cubierta de la semilla con algún material abrasivo como las lijas, perforar o picar, hasta romper esta cubierta; es la forma más eficaz para eliminar la dormición física, evitando deteriorar la región micropilar, para no dañar la radícula [Schmidt, 2000].

La escarificación se aplica a semillas con cubierta dura e impermeable, para eliminar mecanismos inhibidores externos; pero también con ello se facilitará que lleguen otros estímulos al embrión [Camacho, 1994].

### **3.5.2. Estratificación fría o enfriamiento en húmedo**

Las semillas de muchos frutales, árboles y arbustos de clima templado, para evitar condiciones peligrosas, como son los rigores del invierno, exigen atravesar por un cierto periodo de frío, para saber que ha pasado el periodo riesgoso y por lo tanto se presentan las condiciones propicias para germinar; este mecanismo de las semillas se ha desarrollado como una forma de supervivencia o adaptación [Rojas y Ramírez, 1987; Hartmann y Kester, 1997; Schmidt, 2000].

La forma artificial de proporcionar este periodo de frío es la estratificación o enfriamiento en húmedo. La técnica consiste en someter a las semillas a bajas temperaturas y con humedad para obtener una germinación rápida y uniforme. Las semillas secas se deben remojar de 12 a 24 horas, escurrirse y estratificarse en un medio húmedo, sin sustancias tóxicas y con buena aireación [Hartman y Kester, 1997]. El tiempo de estratificación va a depender de los requerimientos de la especie de que se trate, de la procedencia y de la profundidad de la dormición e, incluso, el requerimiento de frío varía entre un mismo lote [Camacho, 1994], pero generalmente va de uno a cuatro meses. La temperatura para estratificar va de 2 a 7 °C [Hartmann y Kester, 1997].

### **3.5.3. Fitorreguladores**

Los fitorreguladores son compuestos químicos naturales o sintéticos distintos de los nutrientes que se usan en bajísimas concentraciones [partes por millón (ppm)]. Los fitorreguladores que estimulan la germinación de semillas contienen, en su mayoría, giberelina, citocinina y auxina [Rojas y Ramírez, 1987].

En la mayoría de las semillas existe un equilibrio o balance entre sustancias promotoras e inhibidoras (hormonas) de la germinación, las cuales interactúan para controlar el establecimiento y la terminación del reposo [Rojas y Ramírez, 1987]. Las sustancias promotoras e inhibidoras son sintetizadas por la planta y se acumulan en la semilla durante su formación y maduración [Hartman y Kester, 1997]. Algunas semillas presentan deficiencia de sustancias promotoras [Rojas y Ramírez, 1987; Salisbury y Ross, 1994]. La deficiencia que generalmente se presenta es de giberelina (GA), que es la hormona más utilizada para estimular la germinación de semillas, por lo que se debe aplicar de manera exógena [Rojas y Ramírez, 1987].



Otro compuesto útil para eliminar la dormición fisiológica y disminuir las exigencias de enfriamiento en húmedo es la tiourea, que tiene un uso similar al de la giberelina, pero que, a diferencia de esta, se emplean soluciones más concentradas del 0.5 al 2%. [Camacho, 2000].

#### **3.5.4. Combinación de tratamientos**

El propósito de combinar dos o más tratamientos es superar los efectos de una cubierta impermeable y de un embrión latente, o de estimular la geminación de semillas con dormición compleja [Hartman y Kester, 1997].

En ciertas semillas, la escarificación de las cubiertas es necesaria para que puedan penetrar las sustancias fitorreguladoras para inducir una respuesta, de lo contrario, será necesario utilizar una dosis muy alta [Rojas y Ramírez, 1987].

#### **3.6. Conceptos acerca de la semilla como medio de propagación**

Para propagar plantas, generalmente se usan semillas, ya que son el vehículo natural para la reproducción de los vegetales superiores [Vásquez *et al.*, 2005]. Estas contienen al embrión y, dependiendo de las condiciones ambientales, darán lugar a otros organismos [Castillo *et al.*, 2002].

La semilla se define como un óvulo fecundado que se ha conformado por un conjunto de tejidos, independiente de la planta madre, que ha madurado y adquirido diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal; es decir, que son los propágulos sexuales de las plantas [Boesewinkel y Bouman, 1995; Camacho, 1994; Hartman y Kester, 1997].

Las semillas son muy variadas en cuanto a su tamaño, forma, color, textura y estructura. Externamente, en muchas de ellas suelen observarse diversas estructuras (alas, pelos, vilanos, carúncula, micrópilo e hilio, entre otros) que les permiten a estos propágulos diseminarse y sobrevivir a las cambiantes condiciones que se presentan en el medio ambiente. Internamente, las semillas pueden estar compuestas de pocas o varias partes, las cuales a su vez contienen

diferentes sustancias, en mayor o menor grado de concentración, dependiendo de la especie de donde provenga la semilla [Camacho, 1994; Flores-Vindas, 1999; Parker, 2000].

En algunas especies no siempre es posible separar al fruto de la semilla, ya que forman una unidad. En estos casos, se acostumbra denominar como semilla a ciertos frutos secos indehiscentes, pues las verdaderas semillas se dispersan contenidas en el pericarpio, lo que ocurre con el maíz y el trigo [Camacho, 1994].

La diáspora es una unidad de dispersión que puede incluir a la semilla y también tejidos del fruto, flor o incluso hojas modificadas que, en ocasiones, suelen ayudar en la dispersión y control del crecimiento del embrión [Camacho, 1994].

### **3.6.1. Estructura**

Sharma [2009] señala tres partes básicas de una semilla típica, que son: cubierta de la semilla, tejido nutritivo y embrión.

#### **a) Cubierta de la semilla**

La capa externa o cubierta de la semilla, llamada también testa, envuelta seminal o tegumento, tiene como función proteger al embrión y a su reserva nutritiva contra factores del medio ambiente, por un cierto periodo de tiempo, y desempeña un papel importante al influir en la germinación y dispersión de las semillas [Camacho, 1994; Boesewinkel y Bouman, 1995; Sharma, 2009]. La cubierta es un órgano multifuncional, porque protege al embrión y a la reserva nutritiva de la desecación, del ataque de hongos, bacterias, insectos, ataque mecánico, de un ambiente desfavorable, durante la transportación, regula la absorción de agua, gases, solutos, etcétera; y hace posible su nutrición y desarrollo [Sharma, 2009]. La cubierta puede ser delgada y papirácea o dura y pétreo [Camacho, 1994; Hartmann y Kester, 1997].

El pericarpio, que es parte del fruto, en muchas diásporas funciona como cubierta externa [Camacho, 1994].

## **b) Tejido nutritivo**

El tejido nutritivo o reserva nutritiva de la semilla denominada endospermo, albumen o perispermo, provee de nutrientes al embrión durante la germinación, hasta que sea capaz de obtener por sí solo sus nutrientes por medio de la fotosíntesis [Camacho, 1994].

## **c) Embrión**

El embrión es el joven esporofito parcialmente desarrollado (producto de la fusión de la célula huevo con un núcleo espermático), representando a la siguiente generación [Boesewinkel y Bouman, 1995]. Da origen al nuevo vegetal y puede ser pequeño y poco diferenciado o tener una morfología definida en la que se observe el epicótilo o plúmula que dará origen al tallo y el hipocótilo, el cual dará origen a la raíz y los cotiledones que funcionan como tejido nutritivo [Camacho, 1994].

### **3.6.2. Propagación de *Atriplex canescens***

*Atriplex canescens* tiene la capacidad de reproducirse tanto por medios sexuales como vegetativos [Martínez y Villanueva, 1985].

De la Cruz y Zapién [1974], citados por Ortega [1993], concluyeron que la mejor manera de establecer el arbusto es por medio de trasplante de individuos cultivados en vivero. La producción en vivero se ve limitada, ya que las semillas tienen una germinación muy baja debido a diversos factores como son: fallas en la fertilización de las flores y ataque de insectos, los cuales ocasionan que muchas diásporas no tengan semilla [Briggs, 1984]. Camacho [2003] menciona que, en general, los *Atriplex* presentan altos porcentajes de semillas vanas; los mayores porcentajes de germinación están alrededor del 40%.

Pruebas de viabilidad realizadas con cloruro de tetrazolium por Molina [1992], indicaron que el 39% de las semillas eran viables. Reyes [1997] encontró un porcentaje de diásporas con semilla del 63% a 67% y Molina [1992] un 47.2%.

La semilla viable tiene escasa o mínima germinación y en consecuencia un bajo repoblamiento natural. Esto resulta por la dureza de la cubierta, un desbalance entre promotores e inhibidores de la germinación y una interferencia química que le impide germinar [Valdez *et al.*, 2003]. Debido a ello, presenta también dormición fisiológica, de acuerdo a la clasificación presentada referente a los tipos de dormición de semillas [Baskin y Baskin, 2001]. Requiere de técnicas especiales (tratamientos mecánicos, físicos o químicos) para su propagación, por los inhibidores y barreras presentes en la semilla, que inhiben o hacen muy tardado el proceso germinativo [Valdez, *et al.*, 2003]. Ruiz y Perera [2001], citados por Valdez *et al.* [2003], mencionan que la germinación de las semillas de *Atriplex canescens* se ve inhibida por sales, cloruros y saponinas presentes en la cubierta. Valdez *et al.*, [2003] aplicaron diferentes métodos para eliminar la dormición en semillas de *Atriplex canescens*; los tratamientos pre-germinativos fueron físicos, químicos y mecánicos: escarificación, remojo en H<sub>2</sub>O por 48 horas, H<sub>2</sub>O caliente a 60 °C por 10 minutos, KNO<sub>3</sub> al 2% por 10 minutos, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 ppm. Encontraron que, con el tratamiento de escarificación, se obtuvo un 45% de germinación y con inmersión en agua caliente a 60 °C por 10 minutos, un 43% en invernadero.

La escarificación mecánica ha incrementado la germinación en algunos lotes y en otros la ha reducido [Ansley y Abernethy, 1984]. Molina [1992] señala que la germinación mejoró cuando se escarificó eliminando las alas de la diáspora por frotamiento manual contra mallas de tela de alambre y que el remojo fue perjudicial. Esta autora encontró que, con aplicación de enfriamiento en húmedo por tres y seis semanas, hubo una germinación muy alta.

Reyes [1997] obtuvo un 26.8% de germinación con remojo por cuatro días y con secado de las diásporas, cuando aplicó escarificación obtuvo un 30 y 32%, pero al remojar las semillas escarificadas por cuatro días y con secado obtuvo un 21%.

Las semillas pueden ser almacenadas durante 5 o 6 años sin perder viabilidad, al encontrarse a temperatura ambiente [CONAZA, 1994].

Las semillas necesitan una maduración posterior que parece ser esencial dentro de los 10 meses siguientes a la cosecha de otoño [Martínez y Villanueva, 1985].

### 3.6.3. Propagación de *Dodonaea viscosa*

La cubierta de la semilla de *Dodonaea viscosa*, aunque delgada, es impermeable, por lo que no hay absorción de agua por parte de la semilla y por consiguiente no puede germinar, limitando así la producción de plántulas, siendo necesario aplicar un tratamiento para que germine [Camacho *et al.*, 1993a].

Baskin *et al.*, [2004] evaluaron en laboratorio varios tratamientos en semillas de *Dodonaea viscosa* procedentes de Hawaii para saber si tenían dormición física. Los experimentos trabajados fueron los siguientes: el efecto de la escarificación mecánica en la imbibición, así como probar las consecuencias que produce sobre la germinación la escarificación mecánica, el calor seco, la inmersión en agua caliente, el almacenamiento en seco y la luz de color rojo lejano. De los tratamientos aplicados se obtuvieron los siguientes resultados:

- Escarificación mecánica e imbibición: el daño a la cubierta se realizó con navaja de rasurar; las semillas tratadas se pusieron en cajas de petri humedeciéndolas con agua destilada, lo mismo que las semillas sin escarificar. Dañar la cubierta permitió la imbibición de agua incrementando el volumen de las semillas, las cuales germinaron una semana después, en un 83%. Sólo una de las semillas testigo germinó, de 150 que eran. Las semillas escarificadas germinaron después de 2 semanas en un 96% a 100%, en una amplia gama de regímenes de temperatura, luz y obscuridad; mientras que las semillas no escarificadas sólo alcanzaron entre 0% y 1%.
- El calor seco y la inmersión en agua hirviendo fueron tratamientos efectivos para romper la dormición en semillas no escarificadas de *Dodonaea viscosa*, los autores mencionan que quizá los tratamientos producen una abertura de un área especializada en la cubierta de la semilla (brecha de agua), lo que lleva a lograr más del 90% de germinación. Con calor seco a 80 °C por 60 minutos se obtuvo el 100% de germinación, con 100 °C por 15 y 30 minutos un 93 y 83% respectivamente, con 120 °C por 5 minutos un 91% y con 160 °C por 1 minuto un 97%. En cambio las semillas murieron a 160 °C y 140 °C por 60 minutos. Al utilizar la inmersión en agua hirviendo, los tiempos más efectivos fueron con 3, 5 y 15 segundos de inmersión, en los que hubo una germinación del 100%, con 30

y 60 segundos de inmersión germinó un 96%, con 1 segundo de inmersión, germinó un 95%. Prácticamente no hubo germinación con el testigo.

- Las semillas almacenadas en seco por un año se sembraron sin aplicarles ningún tratamiento, de las cuales se obtuvo un 0 a 1% de germinación en un lapso de 15 a 30 días a una temperatura de 6, 10, 15 20 °C. Parte de las semillas almacenadas se trataron con agua hirviendo por 5 segundos con lo que germinaron en más del 90%.
- Evaluando la efectividad de la escarificación mecánica con respecto al agua caliente, estos investigadores encontraron que la primera permitió una absorción más rápida de agua que cuando se sumergieron en agua caliente; las semillas se embebieron y germinaron en un cien por ciento después de 5 días; mientras las sumergidas en agua hirviendo germinaron después de 12 días.
- La luz roja lejana no inhibió la germinación ya que se alcanzó un 79% después de 2 semanas de incubación de las semillas que se sumergieron en agua caliente por 5 segundos para hacerlas permeables (al agua) y luego se incubaron en arena húmeda bajo luz continua roja lejana por 4 semanas.

Estos investigadores concluyeron que las semillas de Hawái sólo tienen latencia física y no fisiológica. También mencionan que las semillas de Australia, Brasil, México, Hawái y Nueva Zelanda tienen latencia física mientras que las semillas de India, Pakistán y China no la tienen.

Martínez *et al.*, [2006] evaluaron tratamientos pre-germinativos a semillas de *Dodonaea viscosa* y de otras especies nativas, con fines de restauración de zonas fuertemente degradadas de la Mixteca alta Oaxaqueña, donde el suelo es somero y pedregoso con profundidad de 30 cm y el clima es semiárido. Las semillas se colectaron, secaron y almacenaron a temperatura ambiente. Posteriormente se separaron por medio de flotación para descartar semillas vanas o no viables. Encontraron que la inmersión en agua caliente a 70 °C por cuatro minutos promovió la germinación obteniéndose un 80% en el chapulixtle.

Oliviera y Camacho [1992] encontraron que la germinación de las semillas de esta planta es baja debido a que las semillas presentan una cubierta impermeable. En el chapulixtle, el mayor estímulo germinativo se logró con la inmersión en agua a 75 °C, ya que los porcentajes

superaron el 85%, con duraciones del tratamiento de 3 y 6 minutos. La escarificación también incrementó la germinación pero, en este caso, tuvo un efecto inferior al agua caliente. El tiempo de germinación de las semillas tratadas fue de 11 días. La estratificación fría, tiourea, giberelina y remojo en agua a temperatura ambiente, no produjeron incrementos en la germinación.

Garay *et al.*, [2008] evaluaron varios tratamientos pre-germinativos a semillas de *Dodonaea viscosa*. Colectaron frutos sanos de plantas jóvenes con buen porte y seleccionaron semillas, desechando las que tenían algún daño. Los tratamientos pre-germinativos fueron escarificación mecánica con lija del número 120, inmersión con agua caliente a 80 °C por 10 minutos e inmersión con ácido sulfúrico al 5% por 2 minutos. La escarificación mecánica dio los mejores resultados, obteniéndose un 70% de semillas germinadas a los 14 días, el otro tratamiento que dio buen resultado fue la inmersión en agua caliente obteniéndose un 67.17% de germinación. Con ácido sulfúrico se obtuvo un 9.35% de germinación y el testigo germinó en un 5%, indicando con esto que la germinación de esta especie es más exitosa cuando se le aplican tratamientos pre-germinativos del tipo físico y mecánico.

Phartyal *et al.*, [2005] mencionan que las semillas no escarificadas germinaron en un 24%, mientras que con la escarificación mecánica lo hicieron en 84% y con agua caliente en 77%.

Gasca [2008] obtuvo los mejores resultados de germinación con inmersión de las semillas en agua caliente (75 °C por 7 min), sembradas en tierra y expuesta a luz con temperatura de incubación de 20 y 25 °C.

El sitio de colecta de la semilla también influye en el porcentaje de germinación, variando de un 50% a 98% según la localidad [Camacho *et al.*, 1993a].

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Materiales

Se utilizaron semillas de *Atriplex canescens* que fueron colectadas en Palma de la Cruz, San Luis Potosí y de *Dodonaea viscosa* que se colectaron en Naucalpan, Estado de México, en el mismo año; el material fue proporcionado por el Laboratorio de Semillas Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP] en Coyoacán, Distrito Federal, lugar donde se realizó el experimento.

Los otros materiales que se utilizaron para los tratamientos pregerminativos fueron: escarificador de madera; cajas de petri con papel absorbente para la estratificación en frío, soluciones de fitorreguladores (giberelina y tiourea) para remojar las semillas, agua destilada para la preparación de fitorreguladores y para mantener húmedas las semillas estratificadas, refrigerador doméstico para la estratificación en frío, bolsas de malla de 3x4 cm; bolsas de polietileno negras con suelo y termómetros. El uso de estos materiales se verá con más detalle en la parte de métodos empleados para los tratamientos pregerminativos.

### 4.2. Tratamientos evaluados

Para cada especie (*Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*) se realizó un experimento factorial con 10 combinaciones y cuatro repeticiones, los cuales resultaron de (Cuadro 1):

- a) Escarificación: con dos niveles sin escarificación y con escarificación.
- b) Estimulación fisiológica: con cinco niveles 0, 3 y 4 semanas de enfriamiento en húmedo, así como el remojo en giberelina (1000 ppm) y tiourea (1 %) por 24 horas.



Cuadro 1. Tratamientos pregerminativos evaluados y su efecto en la emergencia de las especies: *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*

Especie	Número de tratamiento	Tratamientos	
		Escarificación	Acondicionamiento fisiológico
<i>Atriplex canescens</i>	01	Con escarificación	Testigo
	02		Estratificación tres semanas
	03		Estratificación cuatro semanas
	04		Remojo en giberelina por 24 horas
	05		Remojo en tiourea por 24 horas
	06	Sin escarificación	Testigo
	07		Estratificación tres semanas
	08		Estratificación cuatro semanas
	09		Remojo en giberelina por 24 horas
	10		Remojo en tiourea por 24 horas
<i>Dodonaea viscosa</i>	11	Con escarificación	Testigo
	12		Estratificación tres semanas
	13		Estratificación cuatro semanas
	14		Remojo en giberelina por 24 horas
	15		Remojo en tiourea por 24 horas
	16	Sin escarificación	Testigo
	17		Estratificación tres semanas
	18		Estratificación cuatro semanas
	19		Remojo en giberelina por 24 horas
	20		Remojo en tiourea por 24 horas

Para que el proceso de imbibición se iniciara simultáneamente en todos los tratamientos [Camacho *et al.*, 1993b], la estratificación por tres y cuatro semanas, así como el remojo de las semillas en soluciones de giberelina y tiourea se efectuó el mismo día en que se sembraron los testigos (Figura 7).

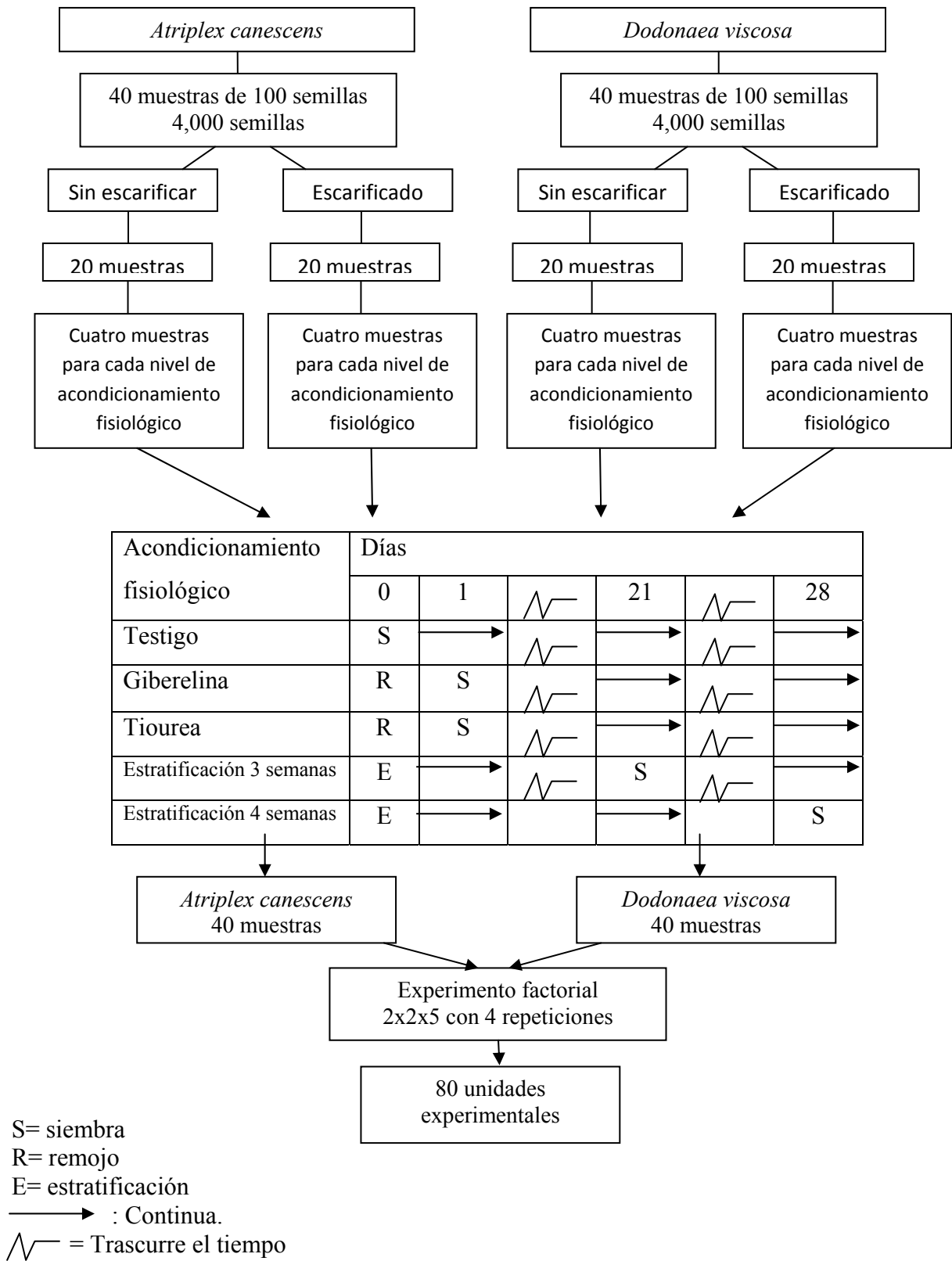


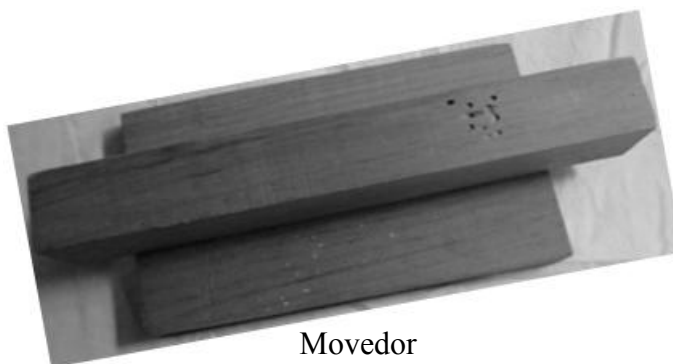
Figura 7. Diagrama de flujo de la aplicación de tratamientos y siembra del experimento.

### 4.3. Métodos empleados para los tratamientos pregerminativos

#### a) Construcción del escarificador

Para escarificar las semillas se diseñó y construyó un escarificador manual de madera en forma rectangular de 32 x 26.5 cm, al cual se le puso en los bordes tiras de triplay para evitar que las semillas se salieran del área de escarificado; en esta área se adhirió con pegamento de zapato una lija de esmeril extra gruesa de 28 x 23 cm. Para mover las semillas en esta área se dispuso un movedor de madera de forma rectangular de 22.5 x 12.5 cm al cual se le adhirió una lija de esmeril extra gruesa, para poder sostenerlo se pegó una tira de madera más gruesa de 30 x 4 x 4 cm (Figura 8).

Escarificador



Movedor

Vista frontal del movedor

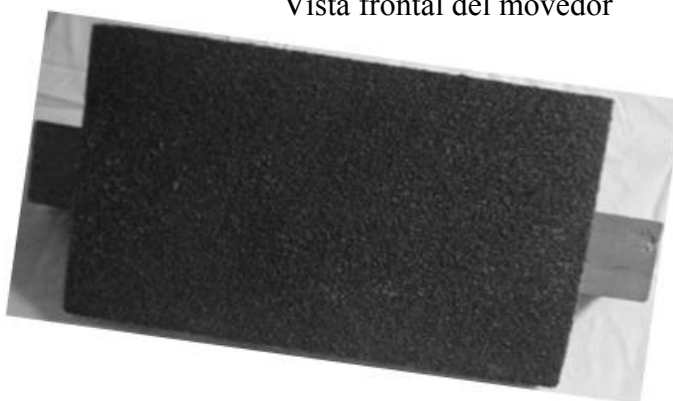


Figura 8. Dispositivo utilizado para escarificar las semillas

## **b) Escarificación de semillas de *Dodonaea viscosa***

La semilla de *Dodonaea viscosa* tiene una cubierta impermeable al agua [Baskin *et al.*, 2004], por lo que se esperaba que la escarificación permitiría que el agua y demás estímulos llegara al embrión.

Antes del trabajo formal se realizaron pruebas preliminares para saber con cuántos movimientos y en qué forma se aplicarían, así como la fuerza que se debía ejercer sobre las semillas para escarificarlas. Para estas pruebas se tomaban pequeñas cantidades de semilla y se depositaban sobre la lija para escarificarlas.

En la primera prueba que se realizó, los movimientos que se hicieron sobre el área de escarificado fueron oscilatorios, pero con ello se destruyeron las semillas.

La segunda prueba se realizó con movimientos rectilíneos y uniformes sin ejercer mucha presión, las semillas no se destruyeron.

En la tercera prueba se hizo el mismo movimiento que en la segunda, sólo que en esta se ejerció una mayor presión y las semillas quedaron destruidas.

Se seleccionó la segunda prueba. Ahora lo que seguía era determinar con cuántos movimientos se embebían la mayoría de las semillas. Se tomaron pequeñas muestras de semilla, se escarificaban y se pusieron a remojar en agua, así hasta establecer el número óptimo de movimientos para escarificarlas.

La escarificación de estas semillas se hizo con movimientos rectilíneos, continuos y uniformes sobre el área de escarificado (Figura 9), realizando 60 movimientos, tomando pequeñas cantidades (150 a 200) de semillas para su escarificación. Las semillas escarificadas se contaron y depositaron en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas.

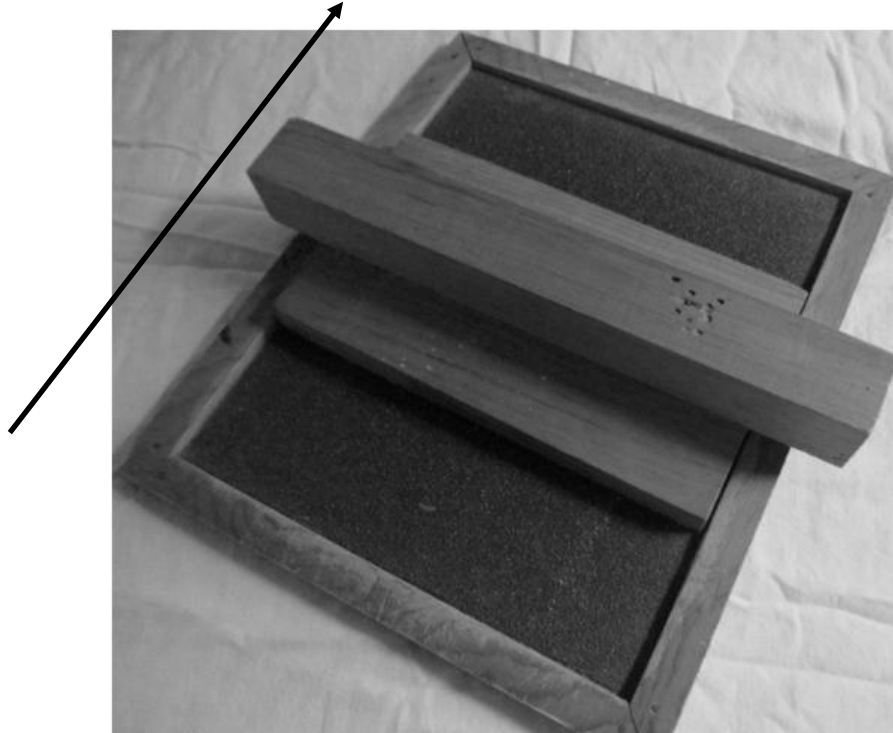


Figura 9. Posición de movedor y dirección de movimientos aplicados al escarificar las semillas de *Dodonaea viscosa*

### c) Escarificación de semillas de *Atriplex canescens*

La semilla de *Atriplex canescens* presenta una cubierta dura y también inhibidores, los cuales pueden ser eliminados por escarificación y así los estímulos podrán llegar al embrión [Valdez *et al.*, 2003].

La escarificación de semillas de *Atriplex canescens* se efectuó utilizando el mismo escarificador y aplicando la misma secuencia de movimientos que en *Dodonaea viscosa*, pero se detectó que las diásporas se enrollaban con las alas, lo que hizo difícil su escarificación, por lo que se procedió a cambiar la posición del movedor y también la forma de aplicar los movimientos; éstos fueron perpendiculares y continuos a los vértices del área de escarificado, seguido de movimientos circulares (Figura 10), hasta eliminar por completo las alas. Se tomaron pequeñas cantidades para escarificar, aproximadamente 100 a 150 semillas. Las semillas escarificadas se contaron y depositaron en bolsitas de plástico transparente debidamente etiquetadas.

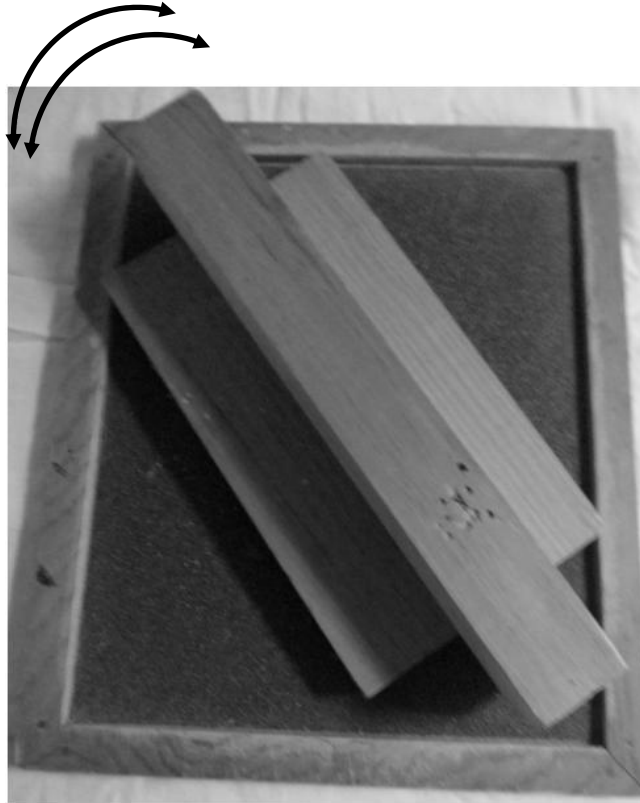


Figura 10. Posición del movedor y dirección de movimientos aplicados al escarificar semillas de *Atriplex canescens*

**d) Estratificación fría de semillas de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*.**

Atravesar por un periodo de frío es una señal que le permite a las semillas detectar que se presentan condiciones propicias para germinar. La estratificación fría permite que se efectúen cambios fisiológicos en el embrión y así poder germinar [ Hartman y Kester,1997].

Para la estratificación de las semillas se utilizaron los siguientes materiales: cajas de petri, papel absorbente, pinzas para depilar, refrigerador, atomizador y termómetro.

El procedimiento fue el siguiente: se colocaron tres capas de papel absorbente en el fondo de las cajas como sustrato, las cuales se humedecieron con un atomizador, en seguida se procedió a depositar las semillas con las pinzas para su distribución uniforme, colocando 100 semillas por caja y se etiquetaron para la correcta identificación de cada

tratamiento. Las cajas se colocaron en forma aleatoria en la parte baja de un refrigerador doméstico, en oscuridad y a una temperatura constante de 6 °C.

Durante las cuatro semanas que duró el tratamiento, la temperatura del refrigerador se revisaba con el termómetro y se verificaba que las semillas se mantuvieran húmedas.

#### **e) Preparación de fitorreguladores y remojo de semillas**

Los fitorreguladores que estimulan la germinación de semillas son hormonas que regulan o controlan a nivel fisiológico este proceso, por lo que su aplicación de manera exógena permite que se lleve a cabo la germinación; tal es el caso de la giberelina [Hartman y Kester; Rojas y Ramírez, 1987].

- **Preparación de solución de giberelina a 1000 ppm**

Para la preparación de la solución de giberelina se usó el producto comercial *Activol* (tableta efervescente de ICI con 10% de AG<sub>3</sub>), el cual contiene como ingrediente activo giberelina. Su uso principal es para la estimulación de la germinación de semillas y yemas [Rojas y Ramírez, 1987].

Para la preparación de la solución se utilizó un matraz de aforo, probeta, agua destilada y una tableta de *Activol*. En el matraz se preparó con agua destilada un litro de solución de giberelina.

Esta solución se repartió en frascos de vidrio -un frasco para cada especie- con capacidad de un litro; enseguida se procedió a sumergir en dichas soluciones las semillas escarificadas y sin escarificar de ambas especies (Figura 9). Las semillas estaban dentro de bolsas de malla de plástico de 5.5 x 8.5, con su etiqueta de aluminio que contenía los datos del tratamiento al cual se iban a someter.

Los frascos se colocaron dentro de una gaveta en oscuridad por 24 horas, ya que los reguladores se degradan con la luz. Al término del tratamiento se enjuagaron las semillas 3 veces con agua de la llave y se llevaron al invernadero para su siembra.

- **Preparación de solución de tiourea al 1%**

La tiourea se ha utilizado a nivel de laboratorio para estimular la germinación. Es una sustancia algo inhibidora, por lo que no es recomendable remojar las semillas por más de 24 horas [Hartman y Kester, 1997; Camacho, 1994].

En una balanza analítica se pesaron 10 gr de tiourea en polvo, para preparar un litro de solución. El polvo se disolvió en agua destilada y se aforó con la probeta. Esta solución se repartió en frascos de vidrio -un frasco para cada especie- para sumergir las semillas escarificadas y sin escarificar de ambas especies -previamente contadas y recopiladas en pequeñas bolsas de malla de plástico debidamente etiquetadas (Figura 11).

Una vez que se sumergieron las semillas en la solución, se colocaron los frascos dentro de una gaveta en oscuridad. La inmersión fue por 24 horas. Al término del tratamiento se enjuagaron las semillas tres veces con agua de la llave y se llevaron al invernadero para su siembra.

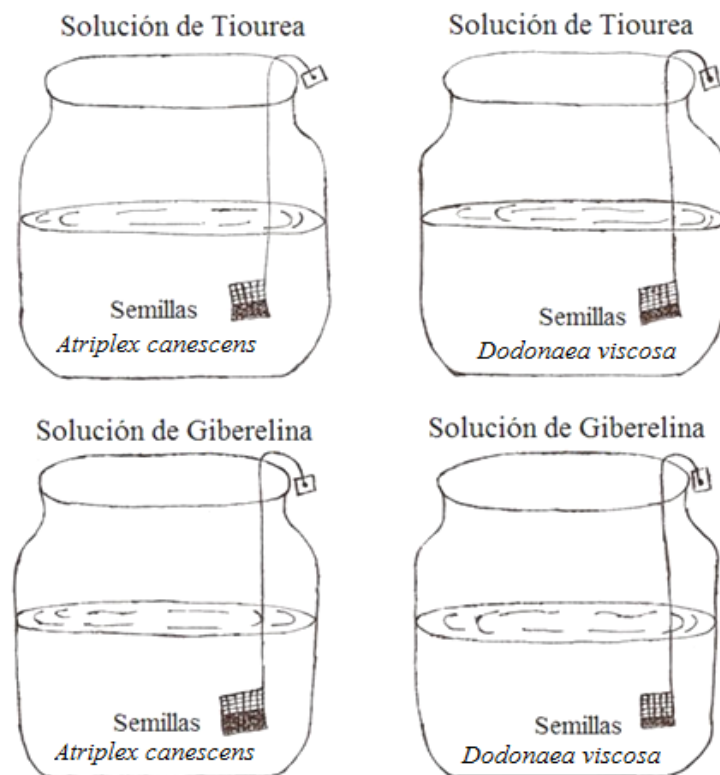


Figura 11. Remojo de las semillas en fitorreguladores



#### 4.4. Unidad experimental

La unidad experimental consistió en 100 semillas sembradas en una bolsa con tierra, con cuatro repeticiones; siendo un total de 80 unidades experimentales y 8,000 semillas, es decir, 40 unidades experimentales por especie y 4,000 semillas.

Las unidades experimentales se distribuyeron en forma aleatoria sobre una mesa de malla metálica colocada dentro de un invernadero.

#### 4.5. Sustrato de siembra

Como sustrato se utilizó tierra proveniente de un depósito fluvial, localizado a un lado del vivero de Coyoacán (Río Magdalena), cuyas características se muestran en el Cuadro 2, de acuerdo con el análisis realizado en la CONAGUA.

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo que se utilizó para el experimento

<b>Determinación</b>	<b>Valores</b>
Densidad aparente (g/cm) <sup>3</sup>	1.38
Textura	Franco arcillosa limosa
Arena (%)	68.88
Limo (%)	22.82
Arcilla (%)	8.30
pH en agua (1.2)	6.90
Materia orgánica (%)	5.15
Fósforo aprov. (ppm)	5.54
CaCO <sub>2</sub> (%)	0.30
CIC (me/100 gr.)	55.60
Ca (me/100 gr.)	1.18
Mg (me/100 gr.)	00.0
Na (me/100 gr.)	0.71
K (me/100 gr.)	0.48
Cond. el [ct.(mmhos/cm)]	0.59
pH pasta	6.80
Cantidad de agua en el suelo a saturación (%)	56.00

Esta tierra se pasó por una malla metálica para quitar terrones o piedras que pudiera contener. El material que se utilizó para contener al sustrato fueron bolsas de polietileno negras de 16 cm de altura y 16 cm de diámetro.

Conforme se tamizaba la tierra, ésta se iba depositando en las bolsas, las cuales se llenaron aproximadamente a una altura de 12 cm, dejando 4 cm antes del borde superior. El sustrato se nivelaba golpeando ligeramente la base de las bolsas contra el suelo.

Las bolsas con sustrato se llevaron a un invernadero tipo túnel de 9 x 3.30 x 2.90 m (largo, ancho y altura) y se colocaron sobre una mesa de malla metálica, que tenía como soportes tabiques cubiertos con una mezcla de cal, esto para impedir que los caracoles y otros moluscos pudieran subir e introducirse en las bolsas.

Para cubrir las semillas se utilizó gravilla, que se hirvió en agua por 15 minutos en una estufa eléctrica, con el fin de evitar la contaminación por hongos. El uso de este material para cubrir las semillas fue con el fin de facilitar la emergencia de las plántulas.

#### **4.6. Siembra**

La siembra se realizó depositando 100 semillas sobre el sustrato húmedo contenido en cada bolsa. Las semillas se depositaron una a una con unas pinzas, para su distribución uniforme; posteriormente se cubrieron en forma manual con la gravilla dando un centímetro de espesor para facilitar la emergencia (Figura 12).

Para que las semillas de cada unidad experimental estuvieran cubiertas con la misma cantidad de gravilla, se tomó como medida un recipiente con capacidad de 150 gr., el cual se llenó al ras con dicho material. Después de cubrir las semillas con la gravilla, a cada bolsa se le colocó una etiqueta de aluminio con los datos del tratamiento correspondiente.

El riego se aplicó tres veces por semana y posteriormente se redujo a 2 veces por semana. La aportación de agua se hizo utilizando una regadera manual.

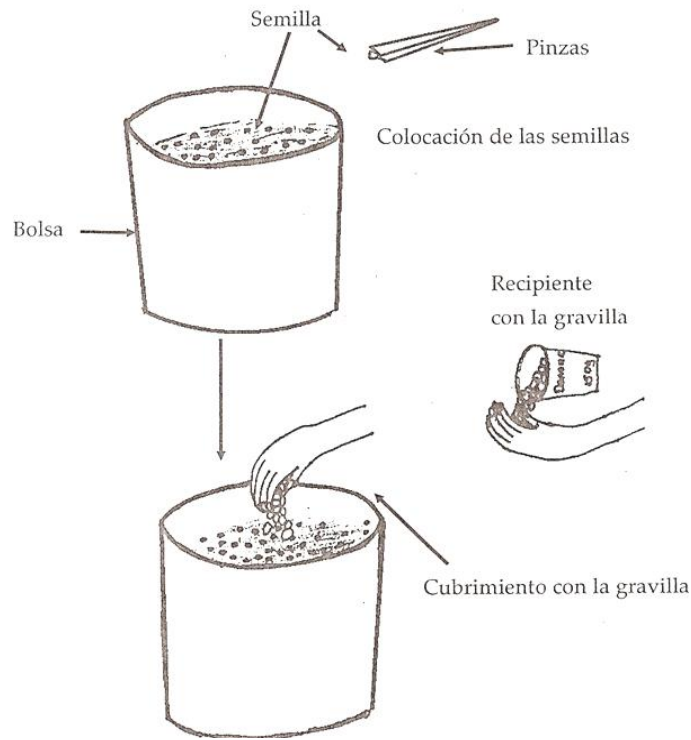


Figura 12. Siembra de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*

#### 4.6.1. Condiciones del invernadero

La temperatura promedio que se tuvo en el invernadero durante el periodo de incubación fue de 20 °C, con una máxima extrema de 37 °C y una mínima extrema de 5 °C.

#### 4.7. Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo trifactorial de 2 x 2 x 5, donde el primer factor lo constituyeron las dos especies: *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*; el segundo factor fue el escarificado y sin escarificar; el tercer factor los 5 niveles de tratamientos pregerminativos: estratificación por tres y cuatro semanas, remojo en giberelina, tiourea y el testigo.

#### 4.8. Toma de datos

Para el registro de datos de emergencia se utilizó un formato tabular, en donde la primera columna indicaba la especie con sus respectivos tratamientos. En las columnas subsecuentes se anotó la fecha en que se efectuó cada conteo y se iba anotando el número de plántulas emergidas por unidad experimental, de acuerdo a la especie y al tratamiento al que se estaban sometiendo.

Se consideró como plántulas emergidas aquellas que habían estirado su gancho de emergencia (Figura 13) en cada unidad experimental, el conteo se efectuó cada tercer día.

Se hizo un conteo acumulativo que consistió en cuantificar, desde la siembra hasta cada evaluación, el número de plantas emergidas. El sitio de las plántulas muertas se marcó con palillos de plástico para no perder su ubicación de modo que los datos de emergencia correspondieran al total obtenido en cada evaluación.

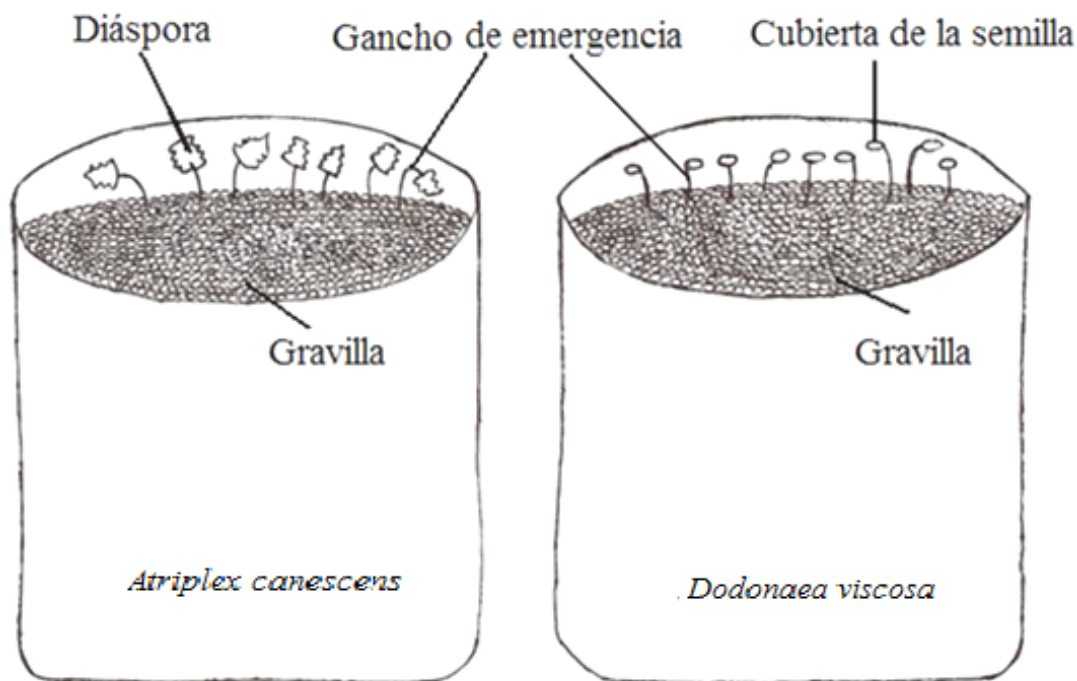


Figura 13. Emergencia en las especies estudiadas

#### 4.9. Variables de estudio

Las variables que se consideraron en este estudio fueron: la calidad de emergencia (Índice de Maguire), el porcentaje de emergencia y el tiempo de emergencia en días medios, los cuales se calcularon en base a los datos obtenidos durante los conteos de emergencia de las plántulas y de acuerdo a las fórmulas propuestas [Camacho y Morales, 1992] para evaluar a cada una de estas variables, que fueron las siguientes:

##### a) Índice de Maguire.

La fórmula  $MG = (G1/T1 + G2/T2 \dots + Ge/Te) \times 100/M$  evalúa la calidad de la emergencia.

Donde:

MG = Valor de emergencia o índice de Maguire

G1 = Emergencia sencilla en la evaluación número "1", la última evaluación corresponde la minúscula "e"

T1 = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación número "1"

M = Cantidad de semillas sembradas

##### b) Porcentaje de emergencia final o capacidad germinativa.

La fórmula  $CG = (Ae \times 100)/M$  permite conocer la proporción de semillas que produjeron plántulas.

Donde:

CG = Capacidad de emergencia

Ae = Emergencia acumulada hasta la última evaluación

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

### **c) Tiempo de emergencia.**

La fórmula  $TMG = SPG/SG$  permite conocer el tiempo que se tardó en realizar la emergencia de las plántulas.

Donde:

TMG= tiempo medio de emergencia

SPG= suma puntos medios por emergencia sencillas =  $P1 \times G1 + P2 \times G2 \dots Pe \times Ge$

SG= Suma de las emergencias sencillas =  $G1 + G2 \dots + Ge$

## **4.10 Análisis estadístico**

Para cada una de las variables de estudio se hizo un análisis de varianza para experimentos factoriales [Reyes, 1978].

Al examinar la significancia y el coeficiente de variación (C.V.) en las tres variables evaluadas se observó un alto C.V. para el Índice de Maguire y porcentaje de emergencia. El C.V. indica qué tan confiable es el experimento. Se dice que un experimento es confiable si tiene un C.V. menor del 20%, y aún más confiable si es menor del 14% [Reyes, 1978]. Como el C.V. fue alto (33.35 % para Índice de Maguire y para porcentaje 26.64 %), se hizo una transformación (anexo 1 y 2) para reducirlo y consistió en aplicar la raíz cuadrada a los datos de estas dos variables, lo cual es válido si se obtiene un C.V. menor al 20%, lo cual se logró con dicha transformación.

Al obtener diferencias significativas en la interacción de los 3 factores -significancia de mayor nivel- con las variables de especie, escarificación, aplicación de frío y reguladores del crecimiento, se procedió a hacer la comparación de medias de Tukey con nivel de significancia igual a 0.05 a cada una de las variables.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Análisis gráfico de emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*

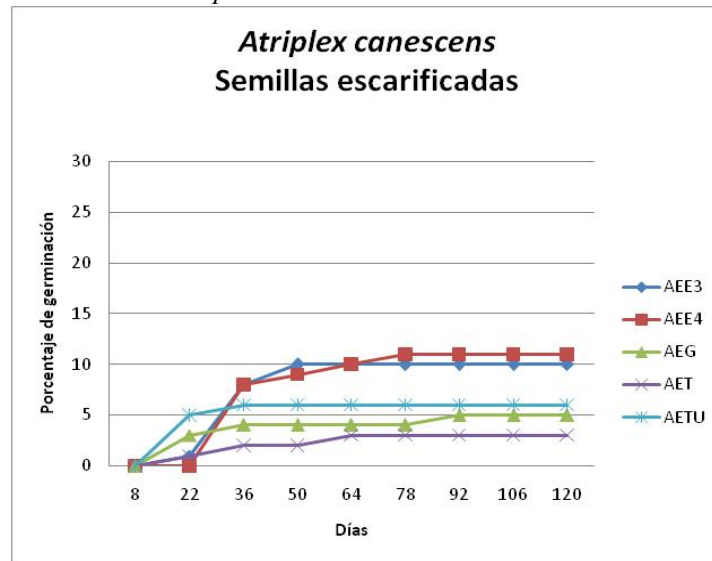
#### a) Emergencia de *Atriplex canescens*

En semillas escarificadas de *Atriplex canescens* (gráfica1) el mayor porcentaje de emergencia se obtuvo con estratificación por tres y cuatro semanas y el menor porcentaje lo tuvo el testigo. Respecto a las semillas que no se escarificaron (gráfica 2), el mayor porcentaje de emergencia se obtuvo en semillas que se sometieron a estratificación por cuatro semanas, el siguiente mejor porcentaje fue las que se estratificaron por tres semanas y con menores porcentajes aparecen el testigo y con la aplicación de tiourea.

Comparando las dos gráficas se observa que hubo un mayor porcentaje de emergencia en semillas que no se escarificaron y que el porcentaje de emergencia más bajo se obtuvo cuando no se escarificó y aplicó tiourea, lo contrario a lo que sucedió en semillas escarificadas, donde el testigo tuvo el más bajo porcentaje.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo que mencionan Nikolaeva [1977] y Baskin y Baskin [2001], en cuanto a que las semillas de *Atriplex canescens* presentan dormición fisiológica, la cual puede ser eliminada por medio de estratificación fría. En cuanto a la tiourea, se menciona que es útil para eliminar la dormición fisiológica y quizá la escarificación permitió que estimulara la emergencia [Camacho, 2000].

Gráfica 1. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de *Atriplex canescens* con escarificación



AEE3: Escarificación estratificación fría a 6 °C 3 semanas

AEE4: Escarificación estratificación fría a 6 °C 4 semanas

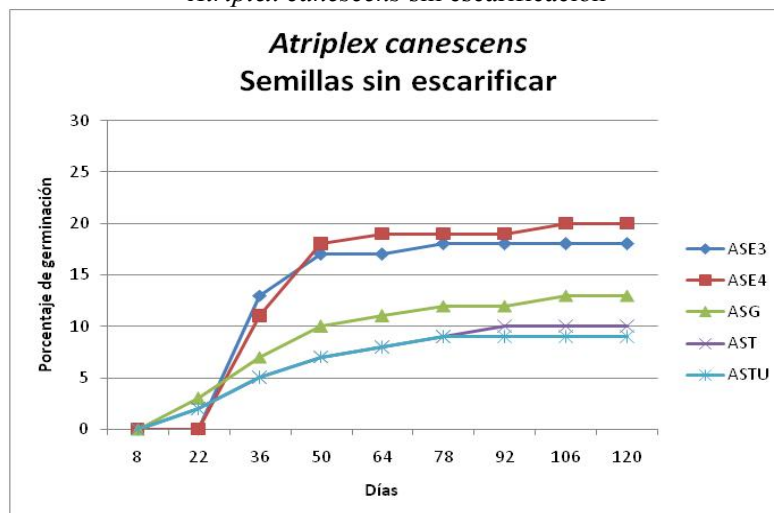
AEG: Escarificación y remojo en Giberelina a 1000 ppm

AET: Escarificación testigo

AETU: Escarificación remojo en Tiourea al 1%

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

Gráfica 2. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de *Atriplex canescens* sin escarificación



ASE3: Sin escarificación con estratificación fría a 6 °C 3 semanas

ASE4: Sin escarificación con estratificación fría a 6 °C 4 semanas

ASG: Sin escarificación y remojo en Giberelina a 1000 ppm

AST: Sin escarificación testigo

ASTU: Sin escarificación remojo en Tiourea al 1%

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.



## **b) Emergencia de *Dodonaea viscosa***

En *Dodonaea viscosa* con escarificación de las semillas (gráfica 3), los tratamientos con los que se obtuvieron los mayores porcentajes de emergencia fueron con estratificación por tres y cuatro semanas y el menor porcentaje de emergencia se presentó con remojo en solución de tiourea.

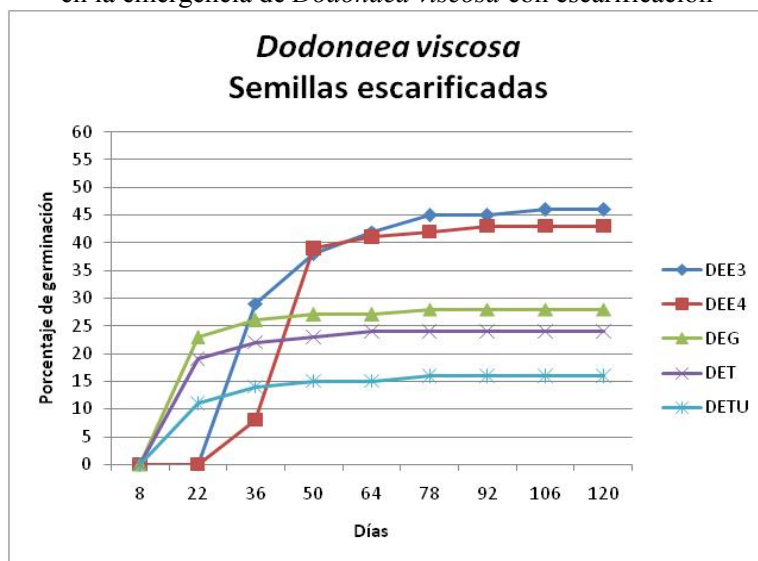
En semillas sin escarificar (gráfica 4) los tratamientos con los que se obtuvieron los mayores porcentajes de germinación fueron con estratificación por tres y cuatro semanas y el testigo fue el que más bajo porcentaje presentó.

Comparando los resultados de las dos gráficas, se observa un mayor porcentaje de emergencia en semillas que no se escarificaron y también que el remojo en la solución de tiourea fue perjudicial en las semillas que se escarificaron.

Respecto a estos resultados, Nielsen y Muller [1980] mencionan que el frío llega a promover la germinación en algunas especies tropicales, y en cuanto a la tiourea se menciona que es algo inhibidora [Hartman y Kester, 1997].

Analizando las cuatro gráficas, se observa que *Dodonaea viscosa* tiene una emergencia superior a *Atriplex canescens*, aún cuando la estratificación fue el mejor tratamiento en estas dos especies; la otra diferencia que se presentó entre especies es la aplicación de tiourea, ésta promovió la germinación en semillas escarificadas de *Atriplex canescens* y la inhibió en *Dodonaea viscosa*, esto quizá se deba al tipo de cubierta de las especies.

Gráfica 3. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de *Dodonaea viscosa* con escarificación



DEE3: Estratificación fría a 6 °C 3 semanas

DEE4: Escarificación estratificación fría a 6 °C 4 semanas

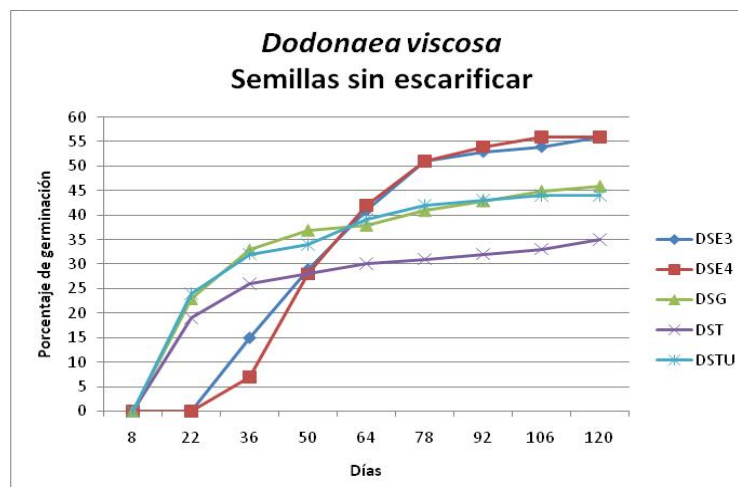
DEG: Escarificación y remojo en Giberelina a 1000 ppm

DET: Escarificación testigo

DETU: Escarificación remojo en Tiourea al 1%

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

Gráfica 4. Efecto de los tratamientos pregerminativos en la emergencia de *Dodonaea viscosa* sin escarificación.



DSE3: Sin escarificación con estratificación fría a 6 °C 3 semanas

DSE4: Sin escarificación con estratificación fría a 6 °C 4 semanas

DSG: Sin escarificación y remojo en Giberelina a 1000 ppm

DST: Sin escarificación testigo

DSTU: Sin escarificación remojo en Tiourea al 1%

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

## 5.2. Significancia y coeficiente de variación de las variables evaluadas

Antes de haber aplicado la transformación, el Índice de Maguire (Mg) y el porcentaje de emergencia (%) tuvieron un valor mayor al 20% para el coeficiente de variación, mientras que la variable días medios (DM) tuvo menos(11.61 %).

La aplicación de la raíz cuadrada redujo en forma importante el coeficiente de variación para los datos de este experimento, el Índice de Maguire que fue de 33%, después de la aplicación se redujo a 10%, y para el porcentaje de emergencia se redujo de 27 a 14%, por lo que ambas variables quedaron dentro de lo tolerable.

Con la transformación a raíz cuadrada de los datos de emergencia, la interacción de los 3 factores en esta variable se hizo significativa. En los datos sin transformar, la interacción de los 3 factores no era significativa (cuadro3).

Cuadro 3. Significancia observada y coeficiente de variación en la prueba de F y transformaciones de variables evaluadas

Factor	Maguire	Transf.	%	Transf.	DM
A	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.107*
B	0.004*	0.001*	0.000*	0.000*	0.000*
C	0.008*	0.023*	0.000*	0.000	0.000*
AB	0.564NS	0.739NS	0.004*	0.622NS	0.172NS
AC	0.000*	0.000*	0.006*	0.568NS	0.000*
BC	0.569NS	0.677NS	0.576NS	0.542NS	0.003*
ABC	0.017*	0.007*	0.092NS	0.039*	0.003*
C.V.	33.35%	9.71%	26.64%	14.12%	11.61%

\* Significativo al 0.05

NS : no significativo

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

## 5.3. Emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*

Al evaluar la emergencia en *Atriplex canescens* mediante el Índice de Maguire, el cual mide la calidad de la emergencia, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos; la agrupación de medias fue la misma en todas las combinaciones, no habiendo ningún efecto al dañar la cubierta, al aplicar frío o reguladores del crecimiento.

La calidad de la emergencia evaluada mediante el Índice de Maguire para *Dodonaea viscosa* sin escarificar, no indicó diferencias significativas con la aplicación de frío y reguladores del crecimiento con respecto del testigo. La única diferencia que se presentó fue que la aplicación de giberelina produjo una mejor calidad de emergencia que la estratificación por cuatro semanas, el Índice de Maguire indicó que este tratamiento fue mejor, al tomar en cuenta tanto la cantidad de plantas emergidas como el tiempo que tardaron en germinar.

En las semillas de esta misma especie, a las cuales se les aplicó escarificación, no se observaron diferencias significativas de los tratamientos respecto al testigo, los tratamientos tuvieron una agrupación igual al testigo, lo que indica que no hubo diferencias significativas. La única diferencia que se observó, fue que la aplicación de giberelina produjo una mejor calidad de emergencia que cuando se estratificó por cuatro semanas y se aplicó tiourea. En la mayoría de las combinaciones, la escarificación no tuvo efecto significativo, excepto cuando se aplicó tiourea, la cual produjo una menor calidad de emergencia en semillas escarificadas y tuvo un mejor efecto en semillas sin escarificar habiendo sido mejor la emergencia.

Una diferencia significativa que se presentó entre las dos especies fue que *Dodonaea viscosa* tuvo mejor calidad de emergencia que *Atriplex canescens* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la escarificación con estratificación y reguladores del crecimiento sobre la emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa* (Índice de Maguire, transformado a raíz cuadrada)

Especie	<i>Atriplex canescens</i>		<i>Dodonaea viscosa</i>	
	Sin escarificar	Escarificado	Sin escarificar	Escarificado
Estratificación 3	1.01 defg	0.91 fg	1.29 abcd	1.31 abc
Estratificación 4	1.01 defg	0.89 g	1.26 bcd	1.21 cde
Giberelina	0.95 efg	0.85 g	1.57 a	1.51 ab
Tiourea	0.88 g	0.92 fg	1.54 ab	1.18 cdef
Testigo	0.90 fg	0.78 g	1.42 abc	1.38 abc
Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05				

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

#### 5.4. Porcentaje de emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*

En semillas de *Atriplex canescens* sin escarificar no se presentaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos aplicados, esto mismo ocurrió en semillas escarificadas. El aplicar escarificación a las semillas no tuvo ningún efecto en el incremento o disminución de la emergencia; sin embargo, se observó que las semillas que se sometieron a frío por tres y cuatro semanas y no se les aplicó escarificación, tuvieron una emergencia significativamente mayor que las que presentaron las semillas escarificadas, a las cuales se les aplicaron reguladores del crecimiento y el testigo.

En las de *Dodonaea viscosa* sin escarificar no se presentaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos aplicados. Cuando se escarificaron las semillas de *Dodonaea viscosa* y se sometieron a frío por tres y cuatro semanas, se observó una mejor emergencia con respecto al testigo y a la aplicación de tiourea. En la mayoría de las combinaciones no se observaron diferencias significativas con el testigo. Una diferencia estadísticamente importante que se observó fue cuando se aplicó tiourea a semillas escarificadas y no escarificadas, la emergencia fue superior cuando no se escarificaron y se aplicó tiourea. La tiourea redujo en forma importante el porcentaje de emergencia de semillas escarificadas.

Respecto al número de semillas germinadas de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa* se observó una diferencia estadísticamente importante entre especies, *Dodonaea viscosa* tuvo un porcentaje de emergencia superior a *Atriplex canescens* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la escarificación con estratificación y reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de emergencia de semilla de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa* (porcentaje transformado a raíz cuadrada).

Especies	<i>Atriplex canescens</i>		<i>Dodonaea viscosa</i>	
	Sin escarificar	Escarificado	Sin escarificar	Escarificado
Estratificación 3	4.26 cdef	3.18 efghi	7.52 a	6.84 ab
Estratificación 4	4.45 cdef	3.31 efghi	7.53 a	6.55 ab
Giberelina	3.64 defgh	2.18 hi	6.74 ab	5.29 bcd
Tiourea	3.00 fghi	2.48 ghi	6.69 ab	3.99 defg
Testigo	3.22 efghi	1.79 i	5.94 abc	4.80 cde
Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey				

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

### **5.5. Días a emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa***

En semillas escarificadas de *Atriplex canescens*, la aplicación de giberelina y tiourea produjeron un menor tiempo de emergencia; es decir, hubo una mayor velocidad germinativa. En las demás combinaciones no se observaron diferencias significativas, aunque numéricamente se observó una reducción del tiempo de emergencia en la mayoría de los casos en semillas escarificadas con respecto a las que no se escarificaron (la agrupación de medias no indicó ninguna diferencia). Con la aplicación de Giberelina se encontró una diferencia importante, 39 días en promedio tardaron en germinar las semillas intactas, mientras que con escarificación el tiempo de emergencia se redujo a 23 días, siendo una diferencia de 16 días. Con la aplicación de Tiourea el tiempo de emergencia se redujo aún más, 38 días en promedio tardaron en emerger las semillas sin escarificar, mientras que las escarificadas germinaron en 17 días promedio, presentándose una reducción importante de 21 días, siendo esta una situación ventajosa, ya que se está acelerando la emergencia de esta especie al combinar escarificación y aplicación de tiourea, aunque esta combinación provocó una reducción en el porcentaje de emergencia de semillas con este tratamiento con respecto a semillas estratificadas y sin escarificar. (Cuadro 6).

En *Dodonaea viscosa* con la aplicación de frío y sin escarificar se presentaron tiempos de emergencia superiores a lo que se presentó en *Atriplex canescens*; se encontraron tiempos de emergencia mayores a los 50 días cuando se aplicó frío y no se escarificó. La aplicación de frío en semillas intactas de *Dodonaea viscosa* produjo una diferencia significativa respecto al testigo y a la aplicación de reguladores de crecimiento; los tiempos de emergencia fueron superiores a los 50 días.

Respecto al testigo y la aplicación de reguladores del crecimiento, no hubo diferencias significativas, ya que tuvieron el mismo tiempo de emergencia.

Cuando se escarificaron las semillas de *Dodonaea viscosa* la situación fue similar, la aplicación de frío dio mayores tiempos de emergencia, que los obtenidos con reguladores del crecimiento y el testigo; es decir, el frío provocó que la emergencia se retrasara.

Comparando la escarificación con la no escarificación se encontró que, en general, la aplicación de daño a la cubierta produjo una emergencia más rápida.

Cuadro 6. Efecto de la escarificación con estratificación y reguladores del crecimiento sobre el tiempo de emergencia de semillas de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa* (días medios)

Especies	<i>Atriplex canescens</i>		<i>Dodonaea viscosa</i>	
	Sin escarificar	Escarificado	Sin escarificar	Escarificado
Estratificación 3	34.61 cd	29.96 def	52.09 ab	39.19 cd
Estratificación 4	36.87 cd	35.05 cd	53.14 a	42.09 bc
Giberelina	39.33 cd	23.47 efg	31.91 cdef	17.44 g
Tiourea	38.27 cd	17.09 g	32.71 cde	22.18 fg
Testigo	40.83 c	32.16 cdef	33.10 cde	17.47 g
Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05				

Fuente: Elaborado a partir de datos recabados en el estudio.

## VI. DISCUSIÓN

En este trabajo se presentaron dos aspectos importantes que son las capacidades germinativas de las especies estudiadas y el efecto de los tratamientos pregerminativos en el tiempo de emergencia de *Atriplex canescens* y *Dodonaea viscosa*.

En *Dodonaea viscosa* se utilizó la semilla y se obtuvieron germinaciones superiores a *Atriplex canescens*, las diásporas que se utilizaron de *Atriplex canescens* no se sabía si contenían semillas o estaban vanas; autores como Briggs (1984), Foiles (1974) y Molina (1992) señalan porcentajes de diásporas vanas del 86%, 50% y 53% respectivamente.

Por otro lado, los factores que inhiben la germinación de las semillas en estas especies no son los mismos. En *Dodonaea viscosa* se menciona que el origen y una testa impermeable son factores que afectan su germinación [Baskin y Baskin, 2004] y en *Atriplex canescens* se menciona que son varios los factores que impiden la germinación, como cubierta impermeable, sustancias inhibidoras [Valdez *et al.*, 2003], embriones fisiológicamente inmaduros [Baskin y Baskin, 2001] y origen de la semilla. Respecto a este último, Ortega (1993) cita a Wilson, quien menciona que la germinación de esta especie varía de 0 a 30% dependiendo de la procedencia de la misma.

En cuanto a los tratamientos pre-germinativos, como cuestión poco frecuente en una especie tropical (*Dodonaea viscosa*), la estratificación tendió a mejorar el porcentaje de germinación; sin embargo produjo tiempos de germinación muy largos. Obviamente que al medir la calidad de emergencia mediante el índice de Maguire y al incluir éste el tiempo de germinación, la ventaja obtenida se anula debido a que se incrementó el tiempo de germinación, por lo cual el tratamiento pierde ventaja. Nielsen y Muller (1980) detectaron que en *Schinus Terebenthifolius* el frío promovió la germinación, por lo que concluyeron que éste lo hace en algunas especies tropicales.

Con respecto a la escarificación que se aplicó a las semillas de estas dos especies, se tiene que este tratamiento produjo una notoria disminución en el tiempo de emergencia de ambas; sin embargo hubo una reducción de los porcentajes de germinación. Hartmann y



Kester (1997) mencionan que esto es uno de los problemas de la escarificación mecánica aplicada con lijas por el daño que ocurre a la semilla. En *Dodonaea viscosa*, Oliviera y Camacho (1992) mencionan que al perforar la cubierta se produce una germinación menor que al aplicar agua caliente, esto indica que la especie es sensible a daños bruscos a la cubierta.

En *Atriplex canescens* los porcentajes de germinación no cambiaron prácticamente con la escarificación, sin embargo hubo un efecto notorio en el tiempo de germinación, éste se redujo al retirar las bractéolas, lo cual es señalado por Molina (1992), quien menciona que hay un efecto muy fuerte al eliminar las alas.

Al aplicar escarificación a semillas de *Dodonaea viscosa*, como la testa está muy cercana al embrión, probablemente le causo daño, sobre todo la tiourea, por lo que el porcentaje de germinación fue un poco menor en semillas escarificadas respecto a las que no se escarificaron y, como son pequeñas, los daños no se pudieron apreciar claramente; en cambio, en *Atriplex canescens* sus bractéolas forman la cubierta externa dentro de la cual se ubica la semilla, protegieron el embrión del daño mecánico y aún así se observó un ligero incremento en la germinación de semillas sin escarificar; esto indica que la aplicación de escarificación con lija tampoco es recomendable para esta especie.

Respecto a los reguladores del crecimiento no se encontró que promovieran la germinación en ambas especies, su efecto más notorio se presentó en el tiempo de germinación de semillas escarificadas, en donde la aplicación de dichas sustancias redujo en forma importante el tiempo de germinación, aunque esto implicó una reducción en el porcentaje de emergencia, *Dodonaea viscosa* presentó el efecto más notorio, en la que la tiourea redujo en forma considerable el porcentaje de germinación en semillas escarificadas. Esto concuerda con lo que mencionaron Hartmann y Kester (1997) en cuanto a que la tiourea puede inhibir la germinación y su embrión fue más afectado. De acuerdo a estos resultados no es necesaria la utilización de giberelina o tiourea, ya que con la escarificación se reduce el tiempo de germinación. En cuanto a la estratificación, esta incrementó la germinación y fue más homogénea, aunque el tiempo de germinación se alargó, por lo que este tratamiento tampoco es funcional, porque se está buscando obtener a un corto plazo una cierta cantidad de plantas.

## VII. CONCLUSIONES

### 1. Para *Atriplex canescens*:

- Gráficamente se observó que la estratificación por tres y cuatro semanas mejoró el porcentaje de emergencia y que este fue mayor en semillas sin escarificar con respecto a semillas escarificadas.
- Pero estadísticamente:
  - ✓ La escarificación no mejoró la emergencia.
  - ✓ La escarificación no influyó para que la estratificación o los reguladores del crecimiento estimularan la emergencia.
  - ✓ El tiempo de estratificación (tres y cuatro semanas) no tuvo ningún efecto en la emergencia.
  - ✓ Ninguna de las combinaciones mejoró la emergencia.

### 2. Para *Dodonaea viscosa*:

- Gráficamente se observó que con estratificación por tres y cuatro semanas se obtuvieron los mejores porcentajes de emergencia.
- Pero estadísticamente:
  - ✓ En la escarificación no incrementó la emergencia y tampoco influye para que la estratificación o los reguladores del crecimiento estimulen la germinación.
  - ✓ El tiempo de estratificación (tres y cuatro semanas) no tuvo ningún efecto en la emergencia.
  - ✓ Ninguna de las combinaciones mejoró la emergencia.

### 3. En general, estadísticamente *Dodonaea viscosa* tuvo una emergencia superior a *Atriplex canescens*.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aceves, N.L., 1981. *Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Ahmad, I., Ahmad M., Ahmad A., 1994. *Antimicrobial activity of Dodonaea viscosa oil*. *Fitoterapia*, Vol. 65, Núm. 2, pp. 167-168. Pakistan.
- Ahmad, V. U., Fatima I., Fatima A., 1987. *The sapogenins from Dodonaea viscosa*. *Fitoterapia*, Vol. 58, Núm. 5, pp. 361-362. Pakistan.
- Aldon, E. F., 1984. *Methods for establishing fourwing saltbush (Atriplex canescens [Pursh] Nutt.), on disturbed sites in the Southwest*. En: Tiedemann, A.R.: E.D. McArthur; H.C. Stutz; R. Steven y K.L. Johnson, (Comp.). Proceedings. Symposium on the Biology of *Atriplex* and Related Chenopods. May.2-6; Provo, Utah.U.S. Dep. of Agric., Forest Service, Intermountain Forest and Range Exp. Stah.:265-268. USA.
- Ansley, R. J. y Abernethy, R.H., 1984. *Overcoming seed dormancy in gardner saltbush (Atriplex gardneri (Moq. ) Dietr.) as a strategy for increasing establishment by direct seeding*. En: Tiedemann, A.R.; E.D. McArthur; H.C. Stutz; R. Steven y K.L. Johnson,(Comp.). Proceedings. Symposium on the Biology of *Atriplex* and Related Chenopods.May.2-6; Provo, Utah. U.S. Dep. Of Agric., Forest Service, Intermountain Forest and Range Exp. Stat.: 152-158. USA.
- Bacchetta, G., Bueno, S. A., Fenu G., Jiménez-Alfaro, B., Mattana, E., Piotto, B. y Virevaire, M., (editores), 2008. *Conservación ex situ de plantas silvestres*. Gobierno del Principado de Asturias. La Caixa, pp. 260-275. España.
- Barceló, C.J., Nicolás, R.G., Sabater, G.B., Sánchez, T.R., 2005. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide. pp. 465-489. España.
- Baskin, C.C. y Baskin, J.M., 2001. *Seed. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. pp. 27-42. U.S.A.

- Baskin, J.M and Baskin, C. C., 2003..*New Approaches to the Study of the Evolution of Physical and Physiological Dormancy, the two Most Common Classes of Seed Dormancy on Earth*. In the Biology of Seed: Regent Research advances (eds) G. Nicolás; K.J. Bradford; D. Come and H.W. Pritchard. CABI Publishing. pp. 371-376 . USA.
- Baskin, J.M., Baskin, C.C. y Xiaojie, L.I., 2000. “*Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds*” University of Kentucky, Plant Spices Biology, No. 15, pp. 139-152. USA.
- Baskin, J.M., Davis, B. H., Baskin, C.C., Gleason,S. M. and Cordell, S., 2004. *Physical dormancy in seed of Dodonaea. viscosa (sapindales, Sapindaceae) from Hawaii*, University of Kentucky, Seed Science Research, No. 14, pp. 81-90. USA.
- Boesewinkel, F.D. and Bouman, 1995. *The seed: Structure and Function*. In Seed Development and Germination. Edited by Jaime Kigel, Gad Galili. United States of America. Marcel Dekker, pp. 1-9 .USA.
- Bonfil, C., Tobón, N. W., Ulloa, N. J., García, F. J., García, B.R., 2009. *La restauración ecológica de Bosques Tropicales secos: el caso de la barranca del rio Tembembe, Morelos*. Riagre Boletín divulgativo de la red Iberoamericana y del Caribe de Restauración ecológica Vol.3 Núm. 2 abril-junio pp. 2-5 . México.
- Bradbeer, J. W., 1988. *Seed dormancy and germination*, Blaki Academic and professional, p.146.
- Briggs, A.J., 1984. *Seed production of Atriplex canescens ( Pursh) Nutt. in Southern Arizona*. En: Tiedemann ,A.R.; E.D. McArthur; H.C. Stutz; R. Steven y K.L. Johnson,(Comp.). Proceedings. Symposium on the Biology of *Atriplex* and Related Chenopods.May.2-6; Provo,Utah. U.S. Dep. Of Agric., Forest Service, Intermountain Forest and Range Exp. Stat.: 184-189.USA.
- Camacho, M. F., Bustillo, O.O., González, K. V., 1991. *Potencial del chapulixtle ( Dodonaea viscosa) para la formación de setos en áreas sin riego*. Memorias de la segunda Reunión Nacional sobre Ecología y Reforestación Urbana. Academia Nacional de Ciencias Forestales A.C. México

- Camacho, M.F. y Morales, V.G., 1992. *Métodos para el análisis del efecto de tratamientos sobre la germinación*. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del campo Experimental Coyoacán, Publicación Especial Núm.1, SARH, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México, pp. 282-290. México.
- Camacho, M.F., 1994. *Dormición de semillas; causas y tratamientos*. Edit. Trillas. P. 125 México.
- Camacho, M.F., Álvarez, A.L.I. y Rodríguez, L.A., 1993 b. *Disposición de testigos para evaluar el efecto de tratamientos de remojo en semillas de Schinus molle L*. Memoria del X111 Coloquio de investigación. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. pp. 68. México.
- Camacho, M.F., González, K.V. y Mancera, O.A., 1993 a. “*Guía tecnológica para el cultivo de chapulixtle **Dodonaea viscosa** (L) Jacq. Arbusto útil para la producción de tutores hortícolas, control de erosión y setos urbanos*”, Guía Tecnológica Num.1, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, p. 35. México.
- Camacho, M.F., 2000. *Dormición y quiescencia en el manejo de semillas forestales*. Gaceta de la Red. Red Mexicana de germoplasma forestal Num.4 enero-marzo. CENID-COMEF, INIFAP, SEMARNAP. PRONASE. México. pp. 7-9. México.
- Camacho, M.F., 2003. *Arbustos para la reforestación del Distrito Federal*. Folleto para productores Num. 8, enero. INIFAP, SAGARPA, CENID-COMEF, Grupo Produce. pp.1-32. México.
- Cardoso, V.J.M., 2009. *Conceito e classificação da dormência em sementes*. Oecologia Brasiliensis 13(4): 619-631. Brasil.
- Castillo, A.S., Guadarrama, P., Martínez, Y., Mendoza, H.P.E., Niñez, C. O., Romero, R.M.A., Sánchez, G.I., 2002. *Diásporas del Pedregal de San Ángel*. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias. UNAM. Primera edición. pp.14-15. México.
- Cervantes, J., 1996. *Es el pacífico la zona más erosionada, dice Carabias*, Periódico El Universal, mayo 22. México.

- Cervantes, S. M.A. y Sotelo, B. M. E., 2002. *Guías técnicas: para la propagación sexual de 10 especies latifoliadas de la Selva baja caducifolia en el Estado de Morelos*. SAGARPA, INIFAP, Campo experimental Zacatepec, Zacatepec Morelos, México, Publicación especial Núm. 30 junio. pp. 22 y 23. México.
- CONAZA, 1994. *Costilla de vaca Atriplex canescens (Pursh) Nutt. , cultivo alternativo para zonas áridas y semiáridas de México*. Instituto Nacional de Ecología. p 21. México.
- Daydon, J. B. 1960. INDEX KEWENSIS an enumeration of genera and species of flowering plants .Oxford University Press. Amen House. London. Vol.1 pp.784. Inglaterra.
- Debeaujon, I., Lepiniec, L., Pourcel, L and Marc, R.J., 2007. *Seed coat development and dormancy*. En: Seed development, Dormancy and germination. Annual Plant Reviews. Volume 27.Edited by Kent Bradford and Hiro Nonogaki, Blackwell Publishing, pp. 25-26. USA.
- Díaz, G.J. y Ríos, T.J., 1993. *Identificación de la regeneración natural de árboles tropicales por la morfología de sus estadios iniciales*, Revista Forestal, Vol. 20, Núm.1, pp. 35-61.México.
- Durant, M.E. and Sanderson, S.C., 1984.*Distribution, Systematic, and Evolution of Chenopodiaceae: an overview*. En: Tiedemann, A.R.; E.D. McArthur; H.C. Stutz; R. Steven y K.L. Johnson,(comp.).Proceedings. Symposium on the Biology of *Atriplex* and Related Chenopods. May. 2-6 ;Provo, Utah. U.S. Dep. of Agric., Forest Service, Intermountain Forest and Range Exp. Stat.: 14-24. USA.
- Echavarría, C.F., Serna, P.A. y Rubio, F., 2009. *“Productividad del Chamizo Atriplex Canescens con fines de reconversión: dos casos de estudio”*, México, Técnica pecuaria, Vol. 47, Núm. 1, pp. 93-106.México.
- EL UNIVERSAL, 1996. *Analizan países de América Latina problemas de desertificación*, México, junio 17.México.
- Flores-Vindas, E., 1999. *La planta: estructura y función*. Libro Universitario Regional.Vol.11 pp. 696-780. Costa Rica.
- Foiles, M. W., 1974. *Atriplex L.*, Saltbush. En Schopmeyer, C. S. Seed of Woody Plants in the United States. USA. Handbook Nx 450. Washington, D.C. pp. 240-243.USA.

- Garay, A., Guido, A. C., Piñeiro, V., Zaracki, M., Mai, P., Mourelle, D., Vianna, M., 2010. *Evaluación de tratamientos pre-germinativos en especies de matorral costero*. Proyecto 22, Facultad de Ciencias, marzo 1pagina. Uruguay.
- Gardezi, A.K., Cetina, A.V.M., Talavera, M. D., Ferrera, C. R., Rodríguez, N. F., Larque, S.M., 2000. *Efecto de inoculación con endomicorriza arbuscular y dosis creciente de Fertilización fosfatada en el crecimiento de chapulixtle(Dodonaea viscosa)*. Terra Latinoamericana abril-junio Vol.18 Núm.2 Universidad Autónoma de Chapingo. Pp.153-154. México.
- Gasca, G.G., 2008. *Germinación de semillas de Dodonaea viscosa, en relación con el sustrato, la temperatura y la luz*. Tesis profesional. Bióloga. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Gutierrez, C.J., Candelario R., M.M. y L. Pérez R., 1981. *Ecología y utilización de la “costilla de vaca” ( Atriplex canescens(Pursh) Nutt ),en el norte de México*, 1 Reunión Nacional sobre Ecología ,Manejo y Domesticación de las Plantas útiles del Desierto, INIF. Publicación Especial Núm. 31, Memoria, México, pp.407-411 . México.
- Hartmann, H. T., y Kester, D. E., 1997. *Propagación de plantas, principios y prácticas*. Quinta reimpresión. Editorial Continental. Pp.137-179. México.
- Hilhorst, H. W. M., 2007. *Definitions and hypotheses of seed dormancy*. In Seed Development , Dormancy and Germination . Annual Plant Reviews. Volume 27. Edited by Kent Bradford and Hiro Nonogaki .Blackwell Publishing. pp. 50-55.USA.
- Hilhorst, H.W.M., Bentsink, L., Koornneef, M., 2006. *Dormancy and Germination*. Handbook of Seed Science and technology. Basra Amarjit S. Basra,PhD.Editor Food Products Press. pp. 271-274 USA.
- Jann, R.C. and Amen, R.D., 1987. *What is germination?* En: Khan,A.A.( Ed.) Physiology and Biochemistry of seed dormancy and germination, Elsevier/ North Holland Biomedical Press, pp. 8. Holanda.
- Jones, S.B., 1986, *Plant Systematics* , McGraw-Hill. pp. 293-375. USA.

- Juan-Pérez, J.I., Gutiérrez-Cedillo, J.G., Némiga, X.A., Balderas, P.M. A., Ramírez D.J.F., 2010. *Multifuncionalid y manejo campesino del chapulixtle (Dodonaea viscosa) en una región cálida del Estado de México*. Agricultura, Sociedad y desarrollo, abril. Vol.7 Núm.1 pp. 17-32.México.
- Maguire, J.D., 1962. *Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor*. Crop Sci. 2:176-177.
- Maraschin-Silva F. y Agüila M.E.A., 2005. *Potencial alelopático de Dodonaea viscosa(L)Jacq.* IHERIGIA,Sér. Bot. Porto Alegre Vol. 60 Núm.1. pp. 91-98 jan-jun. Brasil.
- Marroquin, J. S., 1985. *Sapindaceae*, En: Rzedowski, J. y Rzedowski G. C. (Ed.) *Flora Fanerogamica del Valle de México* Vol. 11. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.IPN México e Instituto de Ecología. Publicación 15. pp. 45-46. México.
- Martínez, C. M. A. y Villanueva, D. J., 1985. *Adaptación de ecotipos de la "costilla de vaca" (Atriplex canescens) bajo condiciones de temporal*, Bol. Tec. No. 135. INIF, p. 24. México.
- Martínez, M., 1979. *Catalogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Martínez, M., 1990. *Las plantas medicinales de México*. Sexta edición, Ediciones Botas, México.
- Martínez, P.G.; Orozco, S. A.; Martorell, C., 2006. *Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies Leñosas de la Mixteca alta Oaxaqueña con características relevantes para la restauración*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. Núm.79, diciembre, D.F. pp. 11-13.México.
- Mata, R.; Contreras, J. L. y Crisanto, D., 1991. *Chemical studies on mexican plants used in traditional medicine, XVIII. New secondary metabolites from Dodonaea viscosa*. Journal of Natural Products, Vol. 54, Núm. 3: 913-917.
- Molina, A.P., 1992. *Efecto de varios tratamientos sobre la germinación de Atriplex canescens(Pursh.) Nutt., en laboratorio*. Tesis profesional, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.p. 84. México.



- Morales V., G. y Camacho, M., F., 1985. *Formato y recomendaciones para evaluar germinación*, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Publicación Especial, Núm. 48, pp. 23-138. México.
- Nielsen, E. T. y Muller, W.H., 1980. *Comparison of the relative naturalization ability of two *Shinus* species in the Southern California, Seed Germination*, Bolletín of the Torrey Botanical Club, Vol. 107, Núm.1 :51-56. USA.
- Niembro, R. A., 1989. *Semillas de plantas Leñosas, morfología comparada*. LIMUSA Noriega. pp. 60 y 169. México.
- Niembro, R.A., 1983. *Caracterización morfológica y anatómica de semillas forestales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Bosques. Chapingo. pp. 51. México.
- Niembro, R.A., 1990. *Árboles y arbustos útiles de México.*, Editorial LIMUSA Noriega, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Bosques, segunda reimpresión, pp. 40 y 86, México.
- Nikolaeva, M., G., 1977. *Factors controlling the seed dormancy pattern*, En: Khan, A. A. (Ed.) *Physiology and Biochemistry the Seed Dormancy and Germination.*, Elsevier /North Holland Biomedical Press, pp. 50-56. , Holanda.
- Nonogaki, H., Chen, F. and Bradford, K.J., 2007. *Mechanissms and genes involved in germination "sensu stricto"*. In *Seed development, Dormancy and germination*. Annual Plant Reviews, Vol.27 Edited by Kent Bradford and Hiro Nonogaki. Blackwell Publishing pp. 265-267.USA.
- O'Leary, J. W., 1985. *A critical Analisis of the use of *A triplex* Species as crop plants for irrigation with highly saline water*, Draft. University of Karachi, p 24, Pakistán.
- 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 Fitogenética. SOMEFI y Univ. Aut. de Chiapas. p. 448 México.
- Ortega, R.S., 1993. *Sistemas de captación de agua de escurrimiento para el establecimiento de costilla de vaca *Atriplex canescens**. Boletín Divulgativo Núm.76 segunda edición .SARH-INIFAP, p 40. México.

- Parker, R., 2000. *La ciencia de las plantas*, Paraninfo: Thomson Learning. pp. 47, 241,242. España.
- Phartyal, S.S., Baskin, J. M., Baskin, C. C. and Thapliyal. R.C., 2005. *Physical dormancy in seed of Dodonaea viscosa ( Sapindaceae) from India*. Seed Science Research (15): 59-61.USA.
- Ramos, M.C., 2002. “*Producción de hojarasca en Dodonaea viscosa (Sapindaceae). Un mecanismo que facilita la sucesión primaria*”, Acta Biológica Colombiana, Vol. 7, No. 1, pp. 53. Colombia.
- Reyes, G.I., 1997. *Evaluación de tratamientos de remojo y secado sobre la germinación de diásporas de cuatro especies del genero Atriplex(Atriplex canescens, A.acanthocarpa, A.nummularia y A. halimus)* Tesis Facultad de Ciencias .UNAM. pp.38-59. México.
- Reyes, C.P., 1987. *Diseño de Experimentos Aplicados*, Trillas, , pp. 5-50 México.
- Rojas, G. M. y Ramírez, H., 1987. *Control hormonal de desarrollo de las plantas*, Noriega Editores, LIMUSA. Pp.101. México.
- Rojas, L.C.C., 2010. *Efecto de la interacción hongo-Dodonaea viscosa L Jacq en la fitorregulación de plomo en un sistema in vitro*. Tesis Grado de maestría en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. pp. 31-64. México.
- Romero-Paredes, R.J.I. y Ramírez, L.R.G., 2003. *Atriplex canescens(Pursh, Nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas*. Revista Ciencia Vol.V1 Núm. 1 enero-marzo. UANL. pp 85-88.México.
- Ruiz, A., 1996. *Por alta salinidad, mas de 2,000 Ha de Tlahuac continúan ociosas*, El Universal. México.
- Ruiz, Oronoz M., 1976. *Tratado elemental de Botánica*, Edit. ECLASA, pp. 252 México.
- Rzedowski, J., 1983. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. Segunda reimpresión. pp. 281. México.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W., 1994. *Fisiología Vegetal*, Edit. Iberoamericana,. pp. 547-552 México.

- Schmidt, L., 2000. *Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed*. Schmidt Forest Seed Centre. 40 pág. Dinamarca.
- Sharma, H.P., 2009. *Plant Embryology: Classical and Experimental*. Alpha Science International Ltd.Oxford, U.K. pp. 14.8-14.10. India.
- Standley, P. C., 1922. *Trees and shrubs of Mexico*. Contr. U. S. Nat. Herb. U. S. A., Vol. 23, parte 2, pp. 521. USA.
- Standley P.C. y Steyermark, J.A., 1946. *Flora of Guatemala*, Fieldiana Botany, Vol. 24, p. 502. USA.
- Taiz, L. y Zeiger, E., 2006. *Fisiología vegetal*. Col. Lección "Ciencias experimentales" Vol. 2 Núm.10 Publ. de la Universitat Jaume.I pp. 1039-1040.
- Teran, A.F., Ascarruz, M.E., Tejeda, E., Zapata, A., 1998. *Propagación de tres especies de Atriplex mediante cultivo de tejidos in vitro por organogénesis*. BIOFARBO Vol.6 Diciembre pp. 4.Bolivia.
- Valdez, O.A., Arce, G.L. y Ceballos, I., 2003. "Eliminación de latencia en semillas de costilla de vaca (*Atriplex canescens*) bajo condiciones de laboratorio e invernadero, utilizando tratamientos físicos, químicos y mecánicos", Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Resultados de proyectos de investigación 2003 pp. 464-470, México.
- Vazquez, Y.C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M. E., Cervantes, V., 2005. *La reproducción de plantas: Semillas y Meristemos*, SEP-Fondo de Cultura Económica, la ciencia para todos 157, primera reimpresión. pp. 10-44. México.
- Venkatesh, S., Reddy, Y.S.R., Ramesh, M., Swamy, M.M.,Mahadevan, N., and Sureh, B., 2008. *Pharmacognostical studies on Dodonaea viscosa*. African Journal of Pharmacy and Pharmacology. Vol.2 (4) pp. 83-88 june. India.
- Vines, R. A., 1960. *The shrubs and woody vines of Southwest*, University of Texas. Austin, pp. 235-236. USA.
- West, J. G., 1984. *A revision of Dodonaea Miller (Sapindaceae) in Australia.*, Brunomia, Vol. 4, Núm. 1: 41.

Wilkins, S.D. y Klopatek, J.M., 1984. *Moisture Stress, Atriplex species, and reclamation at Black Mesa, Arizona*, En: Tiedemann, A.R.; McArthur ;E.D.; Stutz, H.C.; Steven, R. y Johnson, K.L.(Comp.),Proceedings. Symposium on the Biology of Atriplex and Related Chenopods, May. 2-6, Porvo, Utah, US, Dep. of Agric, Forest Service Intermountain Forest and Rang Exp. Stat.:97-107.USA.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del Índice de Maguire transformado a raíz cuadrada

FV	GI	SC	CM	F	PF
Factor A	1	4.172409	4.172409	340.9904	0.000
Factor B	1	0.148796	0.148796	12.1604	0.001
Factor C	4	0.149452	0.037363	3.0535	0.023
Factor AxB	1	0.001358	0.001358	0.1110	0.739
Factor AxC	4	0.340096	0.085024	6.9486	0.000
Factor BxC	4	0.028709	0.007177	0.5866	0.677
Factor AxBxC	4	0.192032	0.048008	3.9235	0.007
Error	60	0.734169	0.012236		
Total	79	5.767021			

C.V. = 9.7128%

Anexo 2. Análisis de varianza del porcentaje de emergencia  
(datos transformados a raíz cuadrada)

FV	GL	SC	CM	F	PS
Factor A	1	184.649780	184.649780	424.4787	0.000
Factor B	1	31.651489	31.651489	72.7614	0.000
Factor C	4	35.420654	8.855164	20.3565	0.000
Factor AxB	1	0.348145	0.348145	0.8003	0.622
Factor AxC	4	1.687134	0.421783	0.9696	0.568
Factor BxC	4	1.364746	0.341187	0.7843	0.542
Factor AxBxC	4	4.661255	1.165314	2.6789	0.039
Error	60	26.100220	0.435004		
Total	79	285.883423			

C.V. = 14.1238%

Anexo 3. Análisis de varianza del tiempo medio de emergencia

FV	GL	SC	CM	F	PF
Factor A	1	39.625000	39.625000	2.6222	0.107
Factor B	1	2706.304688	2706.304688	179.080	0.000
Factor C	4	2764.328125	691.082031	45.7319	0.000
Factor AxB	1	28.437500	28.437500	1.8818	0.172
Factor AxC	4	1924.445313	481.111328	31.8372	0.000
Factor BxC	4	272.507813	68.126953	4.5083	0.003
Factor AxBxC	4	280.671875	70.167969	4.6433	0.003
Error	60	906.695313	15.111588		
Total	79	8923.015625			

C.V. = 11.613168 %

Anexo 4. Comparación de medias del Índice de Maguire  
(datos transformados a raíz cuadrada)

Factores			Medias	Agrupación de medias
1	2	3		
D	S	G	1.57	A
D	S	TU	1.54	AB
D	E	G	1.51	AB
D	S	T	1.42	ABC
D	E	T	1.38	ABC
D	E	E3	1.31	ABC
D	S	E3	1.29	ABCD
D	S	E4	1.26	BCD
D	E	E4	1.21	CDE
D	E	TU	1.18	CDEF
A	S	E3	1.01	DEFG
A	S	E4	1.01	DEFG
A	S	G	0.95	EFG
A	E	TU	0.92	FG
A	E	E3	0.91	FG
A	S	T	0.90	FG
A	E	E4	0.89	G
A	S	TU	0.88	G
A	E	G	0.85	G
A	E	T	0.78	G

Factor 1 = especies: *Atriplex canescens* (A) y *Dodonaea viscosa* (D)

Factor 2 = sin escarificación (S) y escarificación (E)

Factor 3 = estratificación tres semanas (E3) y cuatro semanas (E4) remojo en Giberelina (G) y Tiourea (TU) y el testigo (T)

Anexo 5. Comparación de medias del porcentaje de emergencia  
(datos transformados a raíz cuadrada)

Factores			Medias	Agrupación de medias
1	2	3		
D	S	E4	7.54	A
D	S	E3	7.52	A
D	E	E3	6.84	AB
D	S	G	6.74	AB
D	S	TU	6.69	AB
D	E	E4	6.55	AB
D	S	T	5.94	ABC
D	E	G	5.29	BCD
D	E	T	4.80	CDE
A	S	E4	4.45	CDEF
A	S	E3	4.26	CDEF
D	E	TU	3.99	DEFG
A	S	G	3.64	DEFGH
A	E	E4	3.31	EFGHI
A	S	T	3.22	EFGHI
A	E	E3	3.18	EFGHI
A	S	TU	3.00	FGHI
A	E	TU	2.48	GHI
A	E	G	2.18	HI
A	E	T	1.79	I

Factor 1 = especies: *Atriplex canescens* (A) y *Dodonaea viscosa* (D)

Factor 2 = sin escarificación (S) y escarificación (E)

Factor 3 = estratificación tres semanas (E3) y cuatro semanas (E4), remojo en Giberelina (G) y Tiourea (TU) y el testigo (T)

Anexo 6. Comparación de medias de tiempo de emergencia

Factores			Medias	Agrupación de medias
1	2	3		
D	S	E4	53.14	A
D	S	E3	52.09	AB
D	E	E4	42.09	BC
A	S	T	40.83	C
A	S	G	39.33	CD
D	E	E3	39.19	CD
A	S	TU	38.27	CD
A	S	E4	36.87	CD
A	E	E4	35.05	CD
A	S	E3	34.61	CD
D	S	T	33.10	CDE
D	S	TU	32.71	CDE
A	E	T	32.16	CDEF
D	S	G	31.91	CDEF
A	E	E3	29.96	DEF
A	E	G	23.47	EFG
D	E	TU	22.18	FG
D	E	T	17.47	G
D	E	G	17.44	G
A	E	TU	17.09	G

Factor 1 = especies: *Atriplex canescens* (A) y *Dodonaea viscosa* (D)

Factor 2 = sin escarificación (S) y escarificación (E)

Factor 3 = estratificación tres semanas (E3) y cuatro semanas (E4), remojo en Giberelina (G) y Tiourea (TU) y el testigo (T)