

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**



**ROMPIMIENTO DE LATENCIA EN SEMILLAS DE SOTOL (*Dasyllirion cedrosanum*
Trel) MEDIANTE ESCARIFICACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA**

POR:

EMILIO RUBISEL CALDERON GOMEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
Febrero del 2004

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**

**ROMPIMIENTO DE LATENCIA EN SEMILLAS DE SOTOL (*Dasyllirion cedrosanum*
Trel) MEDIANTE ESCARIFICACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA**

PRESENTADA POR:

EMILIO RUBISEL CADELRON GOMEZ

TESIS

Que se somete a consideración el H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

APROBADA

PRESIDENTE DEL JURADO

:

M.C LEOPOLDO ARCE GONZALEZ

SINODAL

SINODAL

DR. JESÚS VALDES REYNA

M.C ANTONIO VALDES OYERVIDEZ

SINODAL

DR. ARTURO GALLEGOS DEL TEJO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA

M.C ARNOLDO OYERVIDES GARCIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
Febrero del 2004

DEDICATORIA

A mis padres

Jesús Calderón Briones + y Carmen Gómez Maldonado a quienes estimo y quiero con todo el corazón, por haberme dado lo más preciado, la vida y que sin escatimar esfuerzos y sacrificios me han dado el regalo más anhelado el de ser un profesionista. Gracias por eso mucho más.

A mi abuelita +

Elfida Maldonado Guillén quien ha sido como mi segunda madre, por haberme aconsejado y enseñarme a ser siempre honesto y respetable ante los demás. GRACIAS.

A mis hermanos

Carlos Eduardo, Jesús Humberto, Guadalupe de Jesús y Zoila del Carmen, A quiénes deseo que logren todos sus metas que se propongan en la vida. A ustedes que me han proporcionado la confianza, la motivación y el valor para salir adelante, quienes sin importar las privaciones y sacrificios han estado siempre con migo.

A mis tías

Josefina y Maria de Jesús por el apoyo incondicional que siempre me han brindado y apoyarme moralmente durante mi carrera y darme siempre su confianza. Gracias.

A mis familiares

Abuelitos, Tíos, primos y sobrinos, por estar siempre con migo. GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por mantenerme siempre con vida y brindarme confianza y sobre todo fe para cumplir siempre mis objetivos en la vida.

A mi Alma Mater

Por haberme brindado la oportunidad de permanecer durante mi estancia como estudiante así como sus enseñanzas y experiencias vividas que siempre llevare presente.

Al M.C. Leopoldo Arce González

Por su valiosa amistad brindada durante mi carrera, por sus consejos, asesoramiento y ayuda incondicional durante la realización de este trabajo. Gracias.

Al Dr.. Jesús Valdés Reyna

Por sus asesorías, revisión y participación en la realización de este trabajo.

M.C. Antonio Valdés Oyervides y al Dr. Antonio Gallegos del Tejo

Por su participación y revisión al presente trabajo.

A la T. L. Q. Francisca Calvillo Ramírez

Por su valiosa colaboración en el trabajo de Laboratorio.

A todos los maestros y en especial a los del departamento de Botánica por sus enseñanzas y conocimientos aportados para la culminación de mis estudios.

A mis compañeros quienes integramos la primera generación.

Daniela, Gaby, Yesica, Paty, Chuy, Wilfred, Pepe, Octavio, Rodolfo, Fernando, Carlos, Antonio, Atilano, Gerardo, Juan Luis, Tadeo, Eduardo, Pablo, Oscar, Jaime y Mariano.

A mis compañeros y Amigos,

Otoniel, Coqui, Ciro, Pacheco, Luis, Kennedy, Osmar y Marcos por su apoyo mostrado en la realización del presente trabajo.

A mis amigos,

Juan Carlos +, Toño, Very, Chuy, Rodolfo, Pancho, Norvel y Wilfred por brindarme siempre su amistad

GRACIAS.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal y en el Vivero de Plantas Medicinales, del Departamento de Botánica los cuales pertenecen a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Con el objetivo de determinar bajo condiciones de Laboratorio así como en condiciones naturales el efecto de la escarificación química y física en tres concentraciones de ácido sulfúrico en semillas de *Dasyliirion cedrosanum* Trel. recolectadas en el Cañón de San Lorenzo Saltillo, Coahuila, México durante el mes de julio del 2003. Las variables evaluadas fueron: capacidad de germinación expresado en porcentaje e índice de velocidad de germinación; las evaluaciones se realizaron a los 16 y 20 días después de la siembra en laboratorio y en condiciones naturales respectivamente. Se utilizo un diseño experimental completamente al azar para ambos experimentos. Los tratamientos fueron: Testigo (T1), ácido sulfúrico a 75 ppm. (T2), ácido sulfúrico 100 ppm (T3) y ácido sulfúrico a 150 ppm (T4), con 5 repeticiones con 20 semillas cada repetición por tratamiento en laboratorio y 10 repeticiones con 100 semillas cada repetición por tratamiento en condiciones naturales, y para la comparación de medias de utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.01$ %). El análisis estadístico se realizó utilizando el Paquete Estadístico de Diseños Experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994). Los resultados obtenidos para el trabajo en laboratorio, nos muestra que los tratamientos físicos y químicos tuvieron efecto diferente sobre el rompimiento de latencia. Siendo el T2 (75 ppm de ácido sulfúrico) el más efectivo con un 77 % de germinación en donde no hubo diferencia

significativa pero si diferencia numérica entre tratamientos. En tanto para el índice de velocidad de germinación el Testigo fue el mejor con respecto a los demás con un 3.19 %. Para el caso del experimento en condiciones naturales o en campo el mejor tratamiento fue T4 (150 ppm de ácido sulfúrico) con un efecto altamente significativa con un 72 % de emergencia, siendo el Testigo el segundo mejor de los tratamientos con 59 %. Para el índice de velocidad de emergencia el Testigo fue el mejor superando de igual forma al T4 que obtuvo promedio del 12.9 %. Por lo que se puede concluir que la utilización de ácido sulfúrico a 75 ppm en laboratorio y 150 ppm en campo pueden ser recomendados para el rompimiento de latencia en semillas de sotol, así mismo se recomienda que la semilla permanezca al menos seis meses en estado de reposo después de la cosecha para ser sembradas, no sin antes escarificarlas

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS -----	viii
INDICE DE FIGURAS -----	ix
INTRODUCCION -----	1
REVISION DE LITERATURA -----	4
Antecedentes Históricos del Género <i>Dasyilirion spp</i> -----	4
Clasificación y Distribución Botánica -----	4
Clasificación Botánica -----	5
Descripción Botánica -----	5
Reproducción -----	8
Distribución Geografica y Ecologica -----	9
Importancia Económica -----	14
Descripción del sotol <i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel. -----	15
Aprovechamiento -----	16
Definición de Semilla -----	18
Calidad de las Semillas -----	19
Germinación -----	20
Latencia -----	23
Tipos de Latencia -----	25
Tratamientos para Romper Latencia -----	30
Escarificación de Smillas con Ácido Sulfúrico -----	33
Tratamientos con Promotores de Germinación -----	34

Tratamientos con temperaturas -----	38
MATERIALES Y METODOS -----	40
Localización -----	40
Material Genetico -----	40
Manejo de la Semilla -----	40
Tratamientos Evaluados -----	41
Aplicación de los Tratamientos -----	41
Variables Ealuadas -----	43
Análisis Estadístico -----	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	46
CONCLUSIONES -----	55
LITERATURA CITADA -----	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1.1 Tratamientos Químicos y Físicos en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	17
1.2 Localización de Destiladoras del sotol en la Comarca Lagunera y Norte de Zacatecas -----	17
1.3 Tratamientos Químicos y Físicos en semillas de sotol <i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel-----	41
1.4 Análisis de Varianza para la variable de Capacidad de Germinación (%) en semillas de sotol -----	47
1.5 Comparación de Medias para la variable de Capacidad de Germinación con la prueba de Tukey al 0.0% en semillas de sotol -----	48
2.1 Análisis de Varianza para la variable de Índice de Velocidad Germinación en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	49
2.2 Comparación de Medias para la Variable de Índice de Velocidad de Germinación con la prueba de Tukey en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel)-----	50
2.3 Análisis de Varianza para la variable de Capacidad de Emergencia (%) en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	51
2.4 Comparación de Medias para la variable de Capacidad de Emergencia (%) con la Prueba de Tukey en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	52
2.5 Análisis de Varianza para la variable de Índice de Velocidad de Emergencia en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	53
3.1 Comparación de medias para la variable de Índice de Velocidad de Capacidad de Emergencia en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel). Con la prueba de Tukey -----	54

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.1	Planta de sotol en donde se pueden apreciar algunas de sus características -----	6
1.2	Tipo de flor, a la izquierda Flor estaminada (planta macho), a la derecha Flor pistilada (planta hembra) -----	6
1.3	Tamaño de inflorescencia en plantas de sotol -----	7
1.4	Tipo de fruto que presenta la planta del sotol -----	7
1.4	Semilla de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	8
1.5	El Desierto de Chihuahua (Medellín, 19882) -----	11
2.1	Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico 75,100 y 150 ppm con el testigo para la variable de Capacidad de Germinación (%) en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel) -----	47
2.2	Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (75, 100 y 150 pmm) con el testigo para la variable de Índice de Velocidad de Germinación (%).-----	49
2.3	Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (75, 100 y 150 ppm) con el testigo para la variable Capacidad de Emergencia % en semillas de sotol (<i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel)-----	51
2.4	Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (75, 100 y 150 ppm) con el testigo para la variable de índice de Velocidad de Emergencia (%) en semillas de sotol -----	53

INTRODUCCIÓN

El sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel) mejor conocido como sereque, es una planta silvestre, nativa de México. Esta planta pertenece a la familia Nolinaceae, la cual comprende cerca de 200 géneros y 2500 especies ampliamente distribuidos. Se le encuentra en regiones de clima árido y semiárido en el tipo de vegetación Matorral Serófilo, que ocupa el 40 % de superficie del país y por consiguiente el mas vasto de todos los tipos de vegetación de México (Rzedowski, 1998). Para México se reportan 16 especies, con distribución en los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango, Zacatecas, Nuevo León y San Luis Potosí principalmente.

Existen pocas especies sujetas a explotación intensiva y de importancia económica sobre todo para uso industrial cuya parte aprovechable para la elaboración del sotol, es la piña o cabeza, a través de un proceso que fue introducido por los españoles y en particular los monjes franciscanos, durante los siglos XVI, XVII y XVIII. También se utilizan como alimento para el hombre, forraje para el ganado, ornamental, medicinales, construcción de viviendas, para elaborar cestería y con fines religiosos, aunque estos usos ya se daban con anterioridad, antes de introducirse el proceso de destilación.

La producción de sotol en el Estado de Coahuila data a principios del siglo XIX, cuando en la ciudad de Parras de la Fuente en 1908 se construye una vinata dedicándose por más de 40 años a la producción y venta de sotol. Posteriormente se forman más empresas

dedicadas a esta actividad en los años 1940, 1960, y 1982. Para este Estado se reportan cuatro especies siendo la más importante *Dasyllirion cedrosanum* Trel. utilizada para la elaboración de bebidas alcohólicas del tipo del mezcal (Villarreal 2001).

Uno de los principales problemas que presenta la planta de sotol y que la presenta como una especie amenazada es su reproducción en forma natural, ya que la producción de semillas en la planta no es la misma año con año y el porcentaje de germinación es muy bajo siendo tan solo del 8%, otro factor es la desaparición de las lluvias insuficientes, además del consumo de estas por roedores, lagomorfos y el ganado de pastoreo (Palma 2000). Aunado a esto otro problema que contribuye a la desaparición de las plantas de sotol es la explotación intensiva para el uso de la elaboración de bebidas alcohólicas.

Una de las características de las semillas de sotol es la testa dura y una cubierta impermeable que reduce su capacidad de imbibición, la cual hace que presente dificultad para su germinación. Nokes, (1986) reporta que el sotol presenta dificultades de germinación en forma natural y que requiere al menos entre de tres a cuatro semanas.

Para resolver en parte el problema de la latencia, se han estudiado algunas técnicas y/o métodos para eliminar la latencia y por consecuencia aumentar la germinación. Razón por la que se llevo acabo el presente trabajo con los siguientes objetivos e hipótesis

Objetivos

- Determinar bajo condiciones de laboratorio el efecto de escarificación química y física en tres concentraciones de ácido sulfúrico en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel).
- Conocer en condiciones naturales el efecto de la escarificación química y física en tres concentraciones de ácido sulfúrico en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel).

Hipótesis

Al menos una de las concentraciones tendrá mayor efecto en el rompimiento de latencia tanto en laboratorio como en condiciones naturales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes Históricos del Género *Dasyllirion spp*

El genero *Dasyllirion* es originario de la región de Arizona, en los Estados Unidos de América. Su uso por el hombre data desde los tiempos precolombinos. Los pobladores nativos de dicha región utilizaron la parte central del tallo (la mas tierna) o piñas para cocinarlas; también fue utilizado por los habitantes de las cuevas del Río Grande y se sabe que los lipones, papagos y tarahumares no solo le daban uso alimenticio, sino que la fermentaban para destilar una bebida alcohólica, que actualmente se usan en los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, además utilizaban esta planta para la elaboración de canastas, sombreros y sandalias. En la actualidad se emplea minimamente en la construcción de techos para casas (García, 1979), y utilizándose ampliamente para la alimentación del ganado, y en la formación de barreras vivas, las cuales son efectivas en el control de la erosión (Madrigal, 1988)

Clasificación y Descripción Botánica Del Genero *Dasyllirion*

La familia Nolinaceae comprende cerca de 200 géneros y 2500 especies ampliamente distribuidos (Cronquist, 1981) y generalmente incluye plantas herbáceas, plurianuales y rara vez arbustivas o arbóreas (Ruiz, 1983).

Clasificación Botánica

Su clasificación Botánica es la siguiente:

Reino.....Plantae
Phyllum.....Magnoliopsida
Clase.....Liliopsida
Subclase.....Liliidae
Orden.....Liliales
Familia.....Nolinaceae
Género.....*Dasyilirion*
Especie..*cedrosanum* Trel.

Descripción botánica

El género *Dasyilirion spp* es una planta dioica, perteneciente a la familia Nolinaceae. La palabra sotol proviene del náhuatl TZOTOLLIN. El género *Dasyilirion* significa lirio grueso y esculento; cuyas especies son plantas con hojas lineales, largas, sobre el tallo principal en roseta, angostas y de bordes espinosos (Ruiz, 1983). Las hojas presentan espinas pequeñas y encorvadas en los bordes y una púa terminal, que los asemeja a los magueyes. Pero a diferencia de estos son delgadas, angostas y rígidas, con forma de espadas.

Se caracteriza por tener una raíz fibrosa, poco profunda ramificada y extendida, las cuales surgen del tronco o cabeza, que es gruesa, carnosa y de tamaño regular (Velásquez, 1983).



Figura 1.1 Plantas de sotol en donde se pueden apreciar algunas de sus características.

Sus flores varían de acuerdo al tipo de planta, ya que existen plantas masculinas y femeninas (estaminadas y pistiladas). Cuando la inflorescencia es estaminada, la flor se presenta de color amarillo brillante, debido a la dehiscencia del pólen, lo cual permite verlas a una gran distancia. En las inflorescencia pistiladas, cuando esta la flor completa, es muy estrecha, con las brácteas de los fascículos sostenidos al tallo. La inflorescencia tiene un dominante color verde o púrpura. Las flores pistiladas presentan tener el periodo de floración mas corto y pueden ser mas rápidamente polinizadas.



Figura 1.2 Tipo de flor, a la izquierda Flor estaminada (planta macho), a la derecha Flor pistilada (planta hembra).

El tamaño de la inflorescencia varía desde un metro en plantas jóvenes hasta cinco o seis metros en la mayoría de las plantas adultas; a pararecen en el centro de la corona, con bracteas densamente sobrepuestas.



Figura 1.3 tamaño de inflorescencia en plantas de sotol

En la flor el perianto es de 2 a 2.5mm de largo; sépalos y pétalos finos, blanquecinos, los estambres más largos que el perianto, de filamento delgado; frutos pequeños, capsular, alados; con la semilla encerrada en la parte central (García, 1952).



Figura 1.4 Tipo de fruto que presenta la planta del sotol.

Las semillas de sotol son trigonas, con tres lados, de color café-oro con una superficie mas o menos plana y rugosa. Se estima que el ciclo de floración es de seis años (USDA, 1965). Lo que hace que la producción de semillas no sea constante o igual cada año por loe hay mas posibilidades que se produzca más semillas cada seis años. (López y Portes, 2002)..



Figura 1.4 Semilla de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel)

Reproducción

Este tipo de planta se puede reproducirse en forma sexual o asexual:

Reproducción sexual.- El método natural de reproducción es por semilla, al hacer explosión las cápsulas y esparcir las semillas alrededor de la planta, se logra un porcentaje muy bajo de germinación, ya que logran germinar un promedio de 10 plantas pequeñas por cada planta madre; y requieren un promedio de 12 a 15 años para tener el tamaño ideal para ser aprovechadas (Ortega y Villavicencio, s.f).

Reproducción asexual.- En este método la reproducción es a partir de alguna parte vegetativa de la planta como yemas axilares, hojas, tallo, raíz.

Distribución Geográfica y Ecológica

El sotol tiene una amplia distribución en las zonas áridas del norte de México, típica del Desierto Chihuahuense, se desarrolla en lugares desérticos y semidesérticos, en suelos donde predominan los litosoles, regosoles, xerosoles y rendzinas de textura media; el clima es de tipo seco desértico con temperatura media anual de 20 a 22 °C . el rango altitudinal donde localiza el sotol , se ubica entre los 1,400 y 1,900 m.s.n.m. El tipo de vegetación es el de matorral desértico rosetófilo (Rivera, 1987).

De acuerdo a Velásquez (1983), en México se han identificado alrededor de 16 especies de sotol (*Dasyliirion spp*) repartidas principalmente en terrenos pedregosos, cerriles, calizos y rocosos, con precipitaciones mínimas de 250 mm anuales y la máxima de 700 mm con invierno secos y veranos suaves tales como:

- Durango: Sierra de Ramírez y San Juan de Guadalupe.
- Tamaulipas: Toda la franja de la Sierra Madre comprendida entre Tula, Palmilla y Jaumave.
- Chihuahua: En los límites de Coahuila, municipio de Jiménez, Sierra del Diablo, los Remedios, Sierra de Coyame, Sierra de Matasaguas, Nicolás Bravo, Mpio. de Ojinaja, Madera, Ignacio Zaragoza, Casas Grandes, Janos.
- Coahuila: Principalmente en las serranías de los municipios de Ocampo, Múzquiz y Acuña, así como en el municipio de Saltillo.
- San Luis Potosí: Norte de Guadalcázar, Sur del Rusio y Sierra de Bozal.

Algunas especies de éste género prosperan en los estados de Querétaro, Zacatecas, Nuevo León, Hidalgo, Veracruz, Puebla y Oaxaca (Marroquín, 1981). Así como en Texas, Nuevo México y Arizona (García, 1979)

Villarreal (2001), reporta para el Estado de Coahuila cuatro especies de *Dasydirion*:

- *D. cedrosanum* Trel. Para los municipios de Castaños, Cuatro Ciénegas, Monclova, Ocampo, Parras, Ramos Arizpe y Saltillo
- *D. heteracanthum* I. M. Johnston. para el municipio de Ocampo
- *D. leiophyllum* Engelm. para el Oeste de Coahuila
- *D. texanum* Scheele. para los municipios de Monclova y Ocampo.

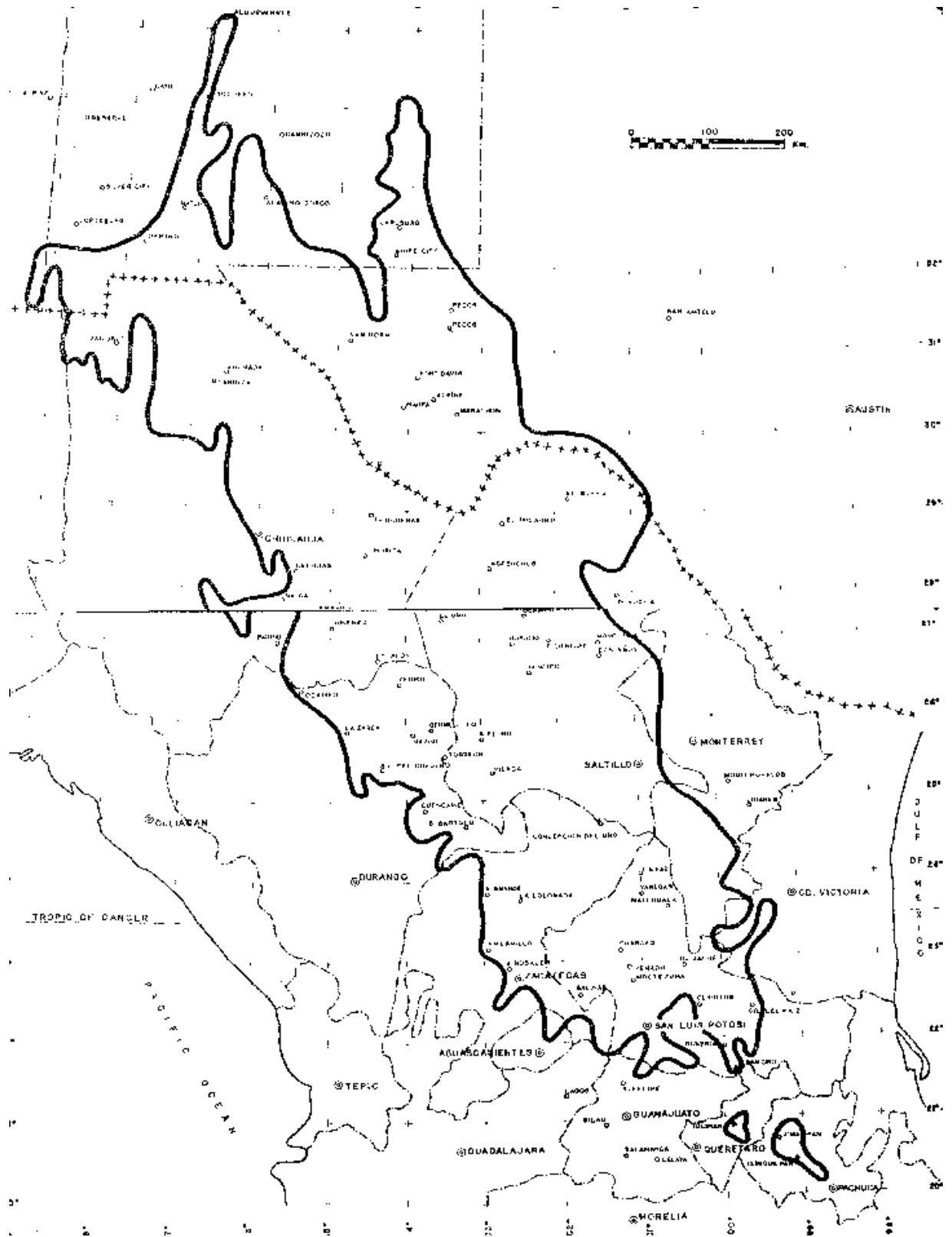


Fig. 1.5 El Desierto de Chihuahua (Medellín, 19882).

Palma (2000), menciona que para del genero *Dasyllirion* se han clasificado alrededor de 15 especies:

Dasyllirion durangense Trel., (sotol de Durango); planta de un metro de alto, con el tallo muy corto y las hojas de 2.5 cm de ancho, algo glaucas, solo se le conoce en esta entidad.

D. wheeleri S. Wats., con tronco de hasta un metro de alto y hojas de 80 cm a un metro, glaucas o verdes se encuentra en Sonora y Chihuahua y recibe el nombre de “sano”.

D. palmeri Trel., (sotol de Coahuila), conocido sólo en esta entidad, alcanza hasta tres metros de alto, sus hojas miden aproximadamente un metro de largo por 2.5 a 3 cm de ancho y son ligeramente glaucas o verdes y desprovistas de espinas, sirven para hacer escobas.

D. cedrosanum Trel., (sotol cenizo), con tronco de hasta 1.5 m de alto y hojas glaucas (un metro de largo por dos cm de ancho), es común en Coahuila, Zacatecas y Durango.

D. lucadum Trel., planta con tallo muy corto y hoja de 2.5 a 3 cm de ancho, generalmente glaucas.

D. parrianum Trel., planta con tronco de un metro de alto con hojas de 85 cm de largo por dos cm de ancho, glaucas o verdes, es común en San Luis Potosí.

D. leiophyllum Engelm., planta de un metro de alto y tallo poco grueso, hojas glaucas o verdes de un mide largo por dos cm de ancho. Se localiza en Chihuahua, Texas y Nuevo México.

D. texanum Trel., planta de uno a dos metros de alto, con hojas de aproximadamente un metro de largo por 1.5 a 2 cm de ancho con espinas muy separadas.

D. simples Trel., planta pequeña, poco común generalmente se localiza en Durango.

D. glaucaphy Lum., planta de regular tamaño, y hojas generalmente glaucas, se localiza en el centro de México.

D. acroticha Zucc., planta con tronco de aproximadamente un metro, hojas glaucas de 80 cm de largo por dos cm de ancho.

D. graminifolium Zucc., con tronco de un metro de alto y hojas de 95 cm de largo, glaucas o verdes. Es común en el estado de Sonora.

D. carratiphodium Zucc., se localiza en Oaxaca y es una planta pequeña, no alcanza a medir el metro.

D. wislezen Trel., es originaria de Arizona y es una planta de un metro de alto con hojas de 90 cm de largo por dos cm de ancho con espinas muy pequeñas y separadas.

D. longissimus Lemaire., planta de un metro de alto, hojas glaucas o verdes con espinas muy separadas y generalmente de 90 a 95 cm de largo por dos cm de ancho.

IMPORTANCIA ECONOMICA

Alimentación

El sotol ha tenido muchos y muy variados usos, desde los primeros pobladores en el desierto hasta nuestro días sin embargo el propósito de uso no ha cambiado mucho, esto ha sido lo mismo como alimento tanto humano como para ganado, de construcción en las casas, bebidas alcohólicas y con fines religiosos y culturales. El sotol es una planta con que existe una alta relación con la vida de las comunidades del desierto. Como alimento se utilizan las flores con las que se guisan y preparan diferentes platillos (López y Portes, 2002).

La parte central y más tierna del bulbo la usaron los nativos de Arizona como alimento, fue usado por los habitantes de las cuevas de los ríos Grande y Pecos, quienes hacían harina o los cocinaban (Acosta, 1959).

Producción de fibra

Las hojas de varias especies del género *Dasyllirion*, debido a las características que presentan sus fibras, se emplean para hacer petates, sombreros, canastas, escobas, sopladeros de fuego y mucho otros objetos. Se ha encontrado también que la fibra de algunas especies de sotol presentan características adecuadas para la elaboración del papel (Molina, 1983).

Forraje

El aprovechamiento de las cabezas o piñas del sotol, es un alimento importante para el ganado sobre todo en épocas prolongadas de sequía, ya sea en forma natural o como desechos resultado del procesamiento de la destilación alcohólica. Las comparaciones entre el sotol y la

yuca silvestre (*Yucca spp*), usados como forraje de emergencia durante la sequía, dedujeron que el sotol era superior, tanto en animales de corral como en los potreros cuando se balanceaba la ración con tartas de semillas de algodón (Velásquez, 1983); por lo que es un buen alimento, suficiente para mantener al ganado vacuno en buenas condiciones durante períodos prolongados de sequía (García, 1979), ya que el sotol tiene 77.7 del valor nutritivo del que contiene la alfalfa (Rivera,1987).

Ornamentales

La porción basal de diversas especies de sotol, que por su forma peculiar reciben el nombre de “cucharitas” se emplea para decorar interiores y exteriores, de casas o edificios con motivo de fiestas religiosas. En algunos estados del norte de México y sur de los Estados Unidos de América se emplean plantas completas para decorar jardines de plazas, parques, supermercados, interiores y exteriores de edificios.

Descripción del sotol *Dasyilirion cedrosanum* Trel.

Planta perenne; tallo corto, de 1 a 1.5 metros de alto, hojas de 20 mm de ancho y de más de 1 metro de largo, con las puntas ligeramente pinceladas, glaucas, quilla ligeramente áspera, espinas encorvadas, distantes de 10 a 15 mm y de 2 a 5 mm de lago, amarillas, rojizas hacia la punta. Inflorescencia de 5 metros de altura. Frutos elípticos y angostos, de 4 a 5 mm por 7 a 9 mm. Semilla de 2 por 3.5 mm. (García, 1952).

Esta especie se localiza en los municipios de Castaños, Cuatro Ciénegas, Monclova, Ocampo, Parras de la Fuente, Ramos Arizpe y Saltillo (Villarreal, 2001).

Aprovechamiento del sotol

Ortega y Villavicencio (s.f) mencionan que se extraen un promedio de 20 piñas o cabezas diarias de sotol lo que significa una producción mensual de 600 piñas que es generalmente la capacidad de una vinata normal. Para producir un litro de vino se requieren dos piñas que, en promedio, cada una pese aproximadamente 15 Kg.; requiriéndose de 12 a 15 días para la elaboración de la bebida alcohólica; generalmente se cuecen 300 cabezas aproximadamente, lográndose una producción de 150 litros por “quemada”, misma que se lleva a cabo cada 15 días, con lo cual se tuna producción mensual de más o menos 300 litros de sotol.

Zarate, (2002) elabora una tabla de producción de sotol estimado en Kg. a partir del diámetro de la piña en cm. Con la finalidad de tener una estimación aproximada de su peso, antes de cortar los sotoles.

DIÁMETRO	PESO ESTIMADO	LIMITE INFERIOR	LIMETE SUPERIOR
18-20	12.655	10.5788	14.6962
21-25	15.654	12.7738	18.5333
26-30	20.207	17.1471	23.3026
31-35	25.652	22.3578	29.0970
36-40	31.990	28.3086	35.9928
41-45	39.221	34.9393	43.9742
46-50	47.345	42.2802	52.9885
51-55	56.361	50.3823	63.0009
56-60	66.270	59.2764	73.9938
61-65	77.071	68.9776	85.9583

Cuadro 1.1 Tabla de Producción de sotol Estimado en Kg. a partir del diámetro de la piña en cm.

En el presente cuadro se presenta la localización de algunas vinatas sotoleras:

No.	Ejido, Poblado o comunidad	Municipio	Estado
1	Poblado de Nazas	Nazas	Durango
1	Poblado Graciano Sánchez	Viesca	Coahuila
1	Poblado de Cuencamé	Cuencamé	Durango
1	Ejido Torrecillas	Cuencamé	Durango
1	Ejido San Juan de Cedros	Mazapil	Zacateca

Cuadro 1.2. Localización de Destiladoras del sotol en la Comarca Lagunera y Norte de Zacatecas (Ortega y Villavicencio, sf; Ramírez, 2000).

Definición de Semilla

Botánicamente, en las angiospermas la semilla es un óvulo fecundado maduro de una planta que se encuentra encerrado dentro del ovario o fruto, unidas a él por el funículo que es un filamento pequeño y delgado que une al óvulo con la placenta (Ruíz, 1979).

Vencer (1989), define a la semilla como el producto maduro de un óvulo y es una estructura autónoma, completa y compleja, tanto fenotípica como genotípicamente, ya que existen formas y tamaños de enorme variedad, contiene tejidos de diferente composición genética.

Por otra parte Potts (1997), menciona tres funciones fundamentales de la semilla, la primera, que es portadora de las características genéticas inherentes de generación a generación esencialmente sin cambio alguno; la segunda, la semilla funciona como un sistema eficaz de almacenaje para una planta viva y tercera, que cierra el ciclo de la reproducción de especies.

Camacho (1994) y Hartmann y Kester (1995), mencionan en un sentido botánico mas estricto, que la semilla es un óvulo fecundo, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo ser.

Una semilla usualmente consta de un embrión, tejido nutrimental y cubierta seminal. La forma, el tamaño, la estructura, la consistencia y el color de estas partes son variables entre las especies, variedades y aun entre lotes de la misma especie.

Por otro lado, Moreno (1996) menciona que en términos económicos y comerciales, se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras mas complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas, y desde el punto de vista botánico, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no del tejido nutricional y protegido por el epispermo.

Calidad de las semillas

Fundeagro (1999), señala que la formación de la semilla se inicia con la fecundación del óvulo y a partir de ese momento, la semilla comienza a acumular los distintos factores que determinan su calidad cuando alcance la madurez; sin embargo, la fecundación del óvulo se produce en un individuo completamente desarrollado, del cual la semilla recibirá una herencia genética y fisiológica que si no es la deseada puede desvirtuar totalmente el trabajo que se haga con el nuevo individuo.

La calidad de la semilla llega a su punto más alto cuando la semilla alcanza la madurez fisiológica en la planta; de allí en adelante, el clima juega un papel preponderante en el proceso de deterioro.

Thomsom (1979), señala que los principales parámetros que determinan la calidad de la semilla son la pureza física, la calidad genética, el poder germinativo y vigor, la latencia, la homogeneidad del lote, el estado fitosanitario y el contenido de humedad.

Germinación

Duffs y Slaughtor (1980), definen a la germinación como un proceso de cambio: el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen.

La International Seed Testing Association (ISTA 1996), menciona que la germinación puede ser definida como la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, las cuales indican la habilidad para desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables.

Copeland y McDonald (1985), definen a la germinación como la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla y la reanudación del crecimiento del embrión cuando la semilla se encuentra bajo condiciones favorables de humedad, temperatura, oxígeno y luz, desencadenando una serie de eventos que lleva a la activación del embrión, el cual sigue su desarrollo a una pequeña plántula. Por otra parte la ISTA (1996), describe a la germinación en laboratorio, como el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión a un grado tal, que manifiesten su habilidad para continuar con un desarrollo normal bajo condiciones óptimas, siendo el objetivo principal, obtener información con respecto a la capacidad de la semilla de producir plántulas normales y así realizar comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie.

Pelag (1971), señala que es el cambio de la condición latente o de descanso aparente, a un estado de metabolismo activo y de crecimiento, cuyo producto desde el punto de vista fisiológico, es la ruptura de las cubiertas seminales y la salida de algunas partes del embrión, lo que sucede bajo condiciones de humedad y en temperatura no restrictiva.

Cuando la prueba de germinación haya sido en sustrato artificial como papel anchor o caja petri, se consideran plántulas normales a aquellas que presenten las siguientes estructuras esenciales (Moreno 1996):

- Sistema radicular bien desarrollado, incluyendo raíz primaria excepto plantas como gramíneas, que generalmente presentan raíces seminales, de las cuales deben estar presentes cuando menos dos de ellas.
- Hipócotilo bien desarrollado e intacto y/o un epicótilo sin daño en el tejido conductivo y en las dicotiledóneas una plúmula normal.
- Plúmula intacta en las gramíneas, que debe presentar una hoja verde bien desarrollada o emergiendo del coleóptilo.
- Un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.

Hartmann y Kester (1999), mencionan que la iniciación de la germinación requiere de tres condiciones:

1. La semilla debe ser viable; esto es el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.

2. La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación.
3. La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

Según Hartmann *et al.*, (1981), menciona que la secuencia de eventos durante la germinación de semillas son:

1. **Imbibición de agua.** La semilla seca absorbe agua por las propiedades coloidales del tejido de las semillas. Las semillas humedecidas se hinchan a un tamaño mucho más grande que las semillas secas. Las células se ponen túrgidas y la cubierta de la semilla se ablanda y rompe, permitiendo fácilmente el paso de agua y dióxido de carbono.
2. **Activación de hormonas y enzimas.** Después de que el agua es absorbida varios sistemas enzimáticos son activados, debido a la estimulación de hormonas. Las enzimas convierten moléculas de alimento almacenado en productos químicos simples que pueden ser fácilmente translocados y usados para crecimiento. Otras enzimas están involucradas en los procesos respiratorios que liberan energía para la división y elongación celular. Los materiales alimenticios de reserva son translocados a los puntos de crecimiento de raíces y tallos.
3. **Crecimiento y desarrollo del embrión.** El eje raíz-tallo (plúmula, epicótilo, hipocotilo y radícula) crece por división y elongación celular. Al mismo tiempo,

materiales alimenticios son translocados a los puntos de crecimiento desde el tejido de almacenaje, el cual gradualmente se vacía. La cubierta de la semilla se rompe y el tejido fotosintético (hoja y tallos verdes) emergen hacia la luz. Adicionalmente la raíz embriónica (radícula) debe haber emergido y crecido en el suelo húmedo para proveer de agua a las hojas recién formadas las cuales deben iniciar la transpiración.

Latencia

La United States Department of Agriculture (USDA 1984), define a la latencia como una condición que impide la germinación, aún cuando la luz, la humedad, la aireación y la temperatura sean satisfactorios, además de que la latencia puede ser una característica hereditaria e inducida durante la extracción y almacenamiento de las semillas. Por su parte Low (1985), menciona que la latencia es un mecanismo natural que las plantas utilizan para diseminarse en el tiempo y espacio. Este mecanismo contribuye a la sobrevivencia natural de las especies, sin embargo, en la agricultura moderna representa un problema.

Por otro lado Lodes y Kuhns (1996), aseguran que ciertas semillas no germinan hasta que ocurren determinadas condiciones internas, este período es denominado latencia. La latencia es originada generalmente por cubiertas de las semillas duras o impermeables al agua u oxígeno, inmadurez del embrión y presencia de inhibidores que controlan la germinación.

Según Valdés (1998), la diferencia entre porcentajes de semilla viable y de semillas germinadas representa una medida del grado de latencia de un lote de semillas. En general a menor latencia mayor germinación. Así mismo comenta que no todas las especies de semillas germinan fácilmente ya que algunas presentan ciertos mecanismos que les impide hacerlo, estas semillas se conocen como latentes y para germinar requieren de un manejo especial.

Según Camacho (1994), el concepto de latencia no es claro aunque comúnmente se define como un estado en el cual una semilla viable disminuye su germinación bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y oxígeno.

Por su parte, Patiño *et al.*(1983) y Willan (1991), mencionan que una parte importante de las especies que poseen algún tipo de impedimento para que germinen las semillas puede deberse a dos causas:

- El medio no es favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o temperatura inadecuada. A este tipo de inhibición se le llama quiescencia.
- Las condiciones del medio son las adecuadas, pero la semilla tiene una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento. Este tipo de inhibición se denomina latencia, o letargo.

Tipos De Latencia

Según Nikolaeva (1967, 1969) citado por Baskin and Baskin (1998), hay dos tipos generales de letargo orgánico en la semilla: letargo endógeno, en donde alguna característica del embrión impide la germinación y letargo exógeno, donde considera que alguna característica de estructuras, arilos, o paredes de fruta, cubren el embrión impidiendo la germinación.

Crocker (1916), describe siete tipos de latencia en semillas que son: inmadurez del embrión, impermeabilidad de la cubierta al agua; restricción mecánica al crecimiento del embrión; impermeabilidad de la cubierta al oxígeno; latencia endógena del embrión; combinación de tipos de latencia y latencia secundaria.

Por otra lado Copeland y McDonald (1985), la clasifican en latencia primaria y secundaria; mencionan que la latencia primaria generalmente se refiere a la dureza de la cubierta de la semilla, impermeabilidad a gases y agua, y presencia de inhibidores; en cuanto a latencia secundaria, esta se presenta espontáneamente en algunas especies debido a cambios fisiológicos y bioquímicos.

Sussman y Halvorson (1966), citados por Reyes (1993), asumen que la latencia primaria o innata es un estado en donde el desarrollo es retrasado a causa de una propiedad intrínseca del órgano latente u organismo, así como la presencia de un bloque metabólico.

Latencia secundaria o inducida es un tipo de latencia que aparece en la semilla cuando esta es inhibida a germinar bajo condiciones desfavorables del medio ambiente (Koller, 1972).

En las especies forrajeras, las temperaturas demasiado altas o muy bajas inducen latencia secundaria igual que la baja presión de oxígeno y la alta presión de bióxido de carbono (Bernal, 1981).

Low (1985), presenta cinco tipos de latencia que son:

Embrión rudimentario. En este caso el embrión no ha completado su desarrollo cuando la semilla es desprendida de la planta. Este tipo de latencia ocurre en las orquídeas y algunas malváceas, las cuales producen bayas que cuando maduran aun contienen embriones inmaduros que no germinan inmediatamente; ejemplos de este tipo son: *Lles opaca* y *Heracleum sphondylium*, los cuales, son embriones rudimentarios, por lo que la germinación se ve retrasada hasta la diferenciación completa de los tejidos (Villers, 1974).

Testa impermeable. Esta característica produce un tipo especial de latencia inducido por la incapacidad de la semilla para embeber agua debido a la presencia de una cubierta impermeable. Esta condición se conoce como semilla dura y se presenta generalmente en las leguminosas (fabáceas), con casos aislados en las malváceas, rosáceas y algunas familias de árboles. En este caso el embrión no ésta latente.

Las semillas duras tienen ventajas debido a que pueden retener un contenido de humedad muy bajo aún en condiciones muy húmedas. Considerando que la capacidad de

almacenamiento de una semilla está directamente relacionada con su contenido de humedad, las características de las semillas duras les permite sobrevivir por periodos muy largos aun bajo condiciones ambientales normales.

Testa dura. Es una restricción física que impide la expansión del embrión, ya sea por: a) la lema y la palea, en gramíneas como *Urochloa spp*, o b) la cubierta de la semilla como el coco, enebro y avellana, en los cuales puede haber ocurrido la imbibición pero fue insuficiente y no puede ejercer presión suficiente para atravesar la testa. En estos casos se requiere de un periodo de maduración después de la cosecha para disminuir la latencia.

Presencia de inhibidores de la germinación. Algunos químicos presentes en la testa de la semilla o en las estructuras que la rodean puede interferir con el proceso de germinación. También la semilla en el campo puede tener contacto con químicos exudados por las raíces de otras plantas.

Copeland (1976), menciona que los factores más importantes que afectan la germinación de las semillas de especies forrajeras, son los inhibidores propios del embrión o de las estructuras que lo rodean.

Otros tipos de latencia. La luz y la difusión de los gases también son otros factores importantes; algunas semillas requieren luz para germinar, mientras que otras no germinan en su presencia. También la disponibilidad de oxígeno para los procesos de respiración puede afectar la germinación.

Algunas especies rompen el estado inicial de latencia para retomar a una condición de latencia secundaria; esto es ocasionado generalmente por un mecanismo diferente al responsable de la latencia inicial y en algunos casos se requiere otro tratamiento para romper es nuevo estado de latencia.

Otros autores (Bradbeer, 1988; Ramírez *et al.*, 1988 y Hartmann *et al.*, 1990) clasifican la latencia de acuerdo a los mecanismos que la ocasionan, como son:

Semillas impermeables al agua. En este caso, las capas exteriores de la semilla impiden la penetración del agua, debido posiblemente a la presencia de sustancias hidrofóbicas en la cubierta, esta semilla se conoce como semilla dura (no imbiben cuando están dentro del agua).

Esto es característico de las leguminosas, forrajeras tropicales, malezas y arbustos. En este caso el embrión no se encuentra latente.

La impermeabilidad no necesariamente está en la testa, se puede encontrar en el pericarpio, perispermo y endospermo y en otras estructuras reguladoras del intercambio de humedad, como el hilium.

Semillas impermeables al aire. Es la imposibilidad de las capas extraembrionarias para el intercambio gaseoso. En gramíneas, las membranas del pericarpio, cubierta y paredes celulares restringen el intercambio de oxígeno, evitando así la germinación. En este caso el embrión no se encuentra latente.

Latencia mecánica. En las semillas que la presentan, las cubiertas son demasiado gruesas o fuertes que impiden la expansión del embrión durante el proceso germinativo, aquí la semilla puede permitir el acceso al agua, sin embargo, la germinación no llega a ocurrir, así como el intercambio de oxígeno. Este tipo es menos frecuente.

Latencia morfológica. La que puede ser por embrión rudimentario o por embrión inmaduro. En el primer caso, es apenas un preembrión, muy pequeño y no presenta estructuras bien definidas. Puede ser ocasionado por inhibidores en el endospermo, como consiguiente, no hay diferenciación y desarrollo suficiente. En el segundo caso, el embrión es más grande que el anterior, pero no ha madurado lo suficiente, de tal forma que no llena completamente la cavidad de la semilla.

Semilla fotoblástica. Son las que requieren condiciones especiales de intensidad, duración y calidad de luz para germinar, y que cuando no se les proporciona, la germinación es impedida.

Latencia del embrión. Puede estar ubicada total o únicamente en algunas partes de él, por ejemplo, hipocótilo y radícula, y puede ser ocasionada por inhibidores químicos. Este tipo de latencia se encuentra generalmente en árboles de clima frío y plantas ornamentales; también existen en zonas templadas, en donde en forma natural, las especies inviernan y germinan en primavera. Esto no es del todo claro, parece ser que las bajas temperaturas promueven la formación de giberelinas, indispensables en la germinación.

Combinación de dos o más mecanismos. En este caso la latencia puede ser de la cubierta o del embrión (o alguna parte de él); el tratamiento en este caso debe considerar primero inhibir

la impermeabilidad y después promover al embrión mediante la estratificación. Este tipo se presenta en áreas con inviernos fríos principalmente en árboles y arbustos.

Tratamientos para Romper Latencia

Faría *et al.* (1996), mencionan que existen diferentes métodos para interrumpir la latencia de las semilla, entre ellos procedimientos químicos con ácidos o bases, tratamientos mecánicos como frotar las semillas con papel de lija, inmersiones en agua, inmersiones en agua caliente, tratamientos con temperaturas, almacenamiento y otros. La respuesta a la escarificación varía de acuerdo a la especie.

Hay especies donde se ha podido lograr germinar sus semillas latentes, pero existen otras en las que se desconoce la manera de lograrlo, por otra parte se ignoran los mecanismos que convierten a las semillas en latentes (Valdés, 1998).

El éxito de todos los métodos empleados para romper la latencia en las semillas depende de algunas alteraciones en la integridad física de la cubierta de las mismas, o bien, de la eliminación de barreras que provoquen la producción de inhibidores de la germinación y eviten la hidratación y crecimiento del embrión, ya sea en forma física (con el uso de temperaturas o escarificación) o bien en forma química (con promotores de la germinación).

Los tratamientos empleados comúnmente para romper la latencia en semillas son:

Escarificación mecánica. La semilla de muchas gramíneas contiene una cariopsis bien recubierta por glumas fuertes, la plúmula y la radícula pueden emerger solo si logran separar la lemma y la palea; entonces, debido a que dichas glumas están muy ajustadas se detiene la expansión de la plúmula y de la radícula.

La escarificación mecánica se usa en semillas duras o impermeables, con el objeto de alterar la integridad física del pericarpio o cubierta. Esto permite la absorción de agua y oxígeno, eliminando así mismo la restricción mecánica. El método consiste en frotar las semillas en superficies abrasivas o bien golpearlas. El tiempo de escarificación es variable para cada especie ya que depende del grosor y resistencia de la cubierta, sin embargo, el exceso puede dañar la semilla reduciendo el poder germinativo.

Khan (1997), menciona que con la escarificación mecánica puede haber otros cambios en la semilla, como por ejemplo, el incremento de la sensibilidad a la luz y temperatura, asimismo, la permeabilidad a gases, los cuales pueden favorecer el metabolismo y por consecuencia la germinación.

Escarificación química. La escarificación química se usa para el tratamiento de semillas duras; este consiste en la aplicación de sustancias químicas, para provocar la permeabilidad de la cubierta y favorecer la entrada de agua y oxígeno al embrión, generalmente se usa ácido sulfúrico.

En este caso la semilla se remoja en una solución concentrada de ácido sulfúrico por períodos de tiempo que varía para cada especie; en gramíneas forrajeras el ácido disuelve la

lema y la pálea de la cariópsis y agrieta, debilita y adelgaza los tegumentos aumentando la permeabilidad. Es importante conocer el tiempo óptimo de escarificación para cada especie, para evitar provocar daños al embrión.

Actualmente, además del ácido se han usado enzimas como celulosa y pectinasa, las cuales alteran la cubierta y permeabilizan la semilla. El alcohol y la acetona se han utilizado para disolver componentes insolubles en agua.

Ramos y Romero (1976), mencionan que si se desea acortar el tiempo de reposo de la semilla de zacate *Brachiaria decumbens*, la escarificación química con ácido sulfúrico por 2.5 a 10 minutos de contacto, disminuye significativamente ($P < 0.05$) el tiempo de latencia manteniendo este efecto hasta por cuatro meses.

La escarificación con agua es también una de las técnicas más ampliamente usadas, consiste en sumergir la semilla en agua durante cierto tiempo, para acelerar el proceso de imbibición o para mejorar las características de la cubierta.

Este método también puede lixiviar inhibidores químicos de la germinación. El agua puede ser caliente o a temperatura ambiente, generalmente es utilizada en especies cuya semilla presenta impermeabilidad de la cubierta, pero además solo es aplicable a semillas que toleran el agua caliente sin sufrir daños en el embrión, como las leguminosas. El agua a punto de ebullición se usa en leguminosas forrajeras tropicales con testa dura.

Mott y McKean (1979), trataron semillas de leguminosas tropicales (*Stylosanthes humilis*, *S. viscosa*, *S. scabra* y *S. hamata*) con agua caliente a diferente temperatura y encontraron que la mejor respuesta se obtuvo con el agua a 85 °C por 1 a 2 horas seguido de enfriamiento a temperatura ambiente. Rodríguez *et al.* (1983), al trabajar con *Leucaena leucocephala* encontraron que la mejor respuesta al tratamiento con agua caliente se obtuvo cuando la semilla permaneció inmersa por 5 minutos en agua a 60 °C.

Escarificación de Semillas con Ácido Sulfúrico

Zulay (1998) y Ramos (1975), reportan que es el método químico más utilizado en semillas de especies forrajeras tropicales, porque disuelve, agrieta y debilita las cubiertas florales, lo cual permite la entrada de agua e intercambio de gases, facilita la expansión del embrión y salida de la radícula. En semillas de leguminosas de los géneros: *Medicago*, *Calopogonium*, *Centrosema*, *Leucaena*, *Macroptilium*, *Neonotonia* y *Stylosanthes*, se han obtenido altos porcentajes de germinación (80 – 90 %) cuando la semilla se trata durante cierto tiempo (10 – 15 min.) con ácido sulfúrico concentrado.

Álvarez (1986), en un experimento donde utilizó escarificación en semillas de *Echinocatus platyacanthus* F. *visnaga* donde adicionó tres diferentes hormonas encontró que escarificando estas semillas durante cinco minutos en ácido sulfúrico, obtenía resultados muy parecidos a los obtenidos escarificando y además agregando ácido giberelico, lo que hace pensar que esta hormona no fue tan necesaria, al menos no en esa concentración.

Por otra parte De la Rosa (1994), experimento con *Echinocactus platyacanthus* F. *visnaga*, utilizando hormonas y ácido sulfúrico por separado obteniendo resultados favorables a una temperatura de 20°C con escarificación de las semillas previamente con ácido sulfúrico durante 30 segundos.

Palma (2000), reporta que la relación de ácido sulfúrico (15% v/v) y tiempo de exposición (10 min.) con temperatura de 28 °C, permiten la rápida germinación de la semilla de sotol (*Dasyliirion spp.*), incrementándose hasta un 92%.

Magalhaes *et al.* (1992), señalan que en semillas de *Brachianz, decumbens, B. humidicola* y *B. ruzizensis* se confirma la efectividad del ácido sulfúrico. Acelerando la ruptura de latencia y con ello su germinación. Fariñas *et al.* (1997), trabajando con semilla de *Centrosema* encontraron altos porcentajes de germinación con escarificación química de ácido sulfúrico al 95 % de concentración durante 10 minutos y con una concentración baja encontraron que las semillas muertas y plántulas anormales ocurrieron en muy baja proporción, indicando que a pesar de haber alto porcentaje de semillas duras y bajos porcentajes de germinación, el ácido no esta causando perjuicios en la semilla; por el contrario estimuló la germinación, aunque en baja proporción.

Tratamiento con Promotores de Germinación

Los promotores de germinación más comúnmente usados son compuestos como: el ácido giberélico, ácido abscísico, citocininas, etileno, hipoclorito de sodio, nitrato de potasio y cloroformo.

El ácido giberélico es una hormona vegetal recomendada por ISTA (1985), para romper latencia fisiológica ocasionada por requerimientos de luz y temperatura. Este actúa en la inducción de enzimas de los cromosomas y activa enzimas que actúan en la movilización de las reservas. El ácido abscísico contrarresta el efecto de las giberelinas; se considera como uno de los principales inhibidores endógenos siendo el responsable de la presencia de latencia en algunas semillas como *Onopodium nervosum* (Pérez-García y Durán, 1990). Las citocininas, cuyos productos comerciales son la benciladenina, cinetina, tiourea y difenilurea, contrarrestan el ácido abscísico dejando funcionar las giberelinas.

Debido al problema que presentan las semillas de sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel) sobre todo en la germinación en forma natural, en su trabajo realizado, Dzib (2003), reporta que las semillas antes mencionadas después de un año de ser cosechadas y siendo estas emergidas en ácido sulfúrico a 500 ppm por un minuto se obtiene un alto porcentaje de germinación siendo este de un 93.66 %. Esto debido a que su aplicación rompe la latencia al inducir su síntesis en la sensibilidad de los tejidos permitiendo el crecimiento y desarrollo del embrión. Sin embargo menciona que debido aun alto contenido de ácido giberelico en las semillas se presenta una intoxicación en la ridícula.

Otro regulador de crecimiento utilizado comúnmente es el nitrato de potasio, respecto a este compuesto Strickland *et al.* (1976), encontraron que la escarificación con nitrato de potasio a semilla de especies de *Digitaria* puede triplicar la germinación, sin embargo mencionan que éste ácido puede ser dañino para algunas de éstas especies.

Los trabajos realizados por Bus *et al.* (2000), indican que el preremajo de semillas de los zacates *Axonopus affinis* Chase y *Eremochloa ophiuroides*, incrementó el porcentaje de germinación y redujo el tiempo promedio de germinación a 20, 25 y 30 °C. El efecto de preremajo fue dependiente de la especie de zacate y la temperatura. La temperatura óptima para la germinación de esas especies de clima cálido fue de 30 °C. El máximo efecto en la germinación de ambos zacates se obtuvo remojando las semillas de estos en soluciones al 2 % de KNO₃, concentraciones más altas de esta sal no mejoraron el porcentaje de germinación y la solución al 4 % fue detrimental en algunos casos.

Un rápido, sincronizado y alto porcentaje de germinación es requerido para la producción comercial de espinaca usando técnicas hidropónicas. El trabajo de Katzman *et al.*, (2001), se orientó a mejorar la germinación de este cultivo mediante tres tratamientos: 1) remoción de la testa; 2) remojo en agua; 3) remojo de semillas durante cuatro horas en NaOCl al 0.5 %, lavándolas durante 15 horas en agua y remojándolas de nuevo en una solución al 0.3 % de H₂O₂. los estudios de germinación en cuatro variedades de espinaca se realizaron a temperatura constante de 18 °C (óptima) o a 30 °C (inhibitoria). A 18 °C la testa de germinación fue maximizada con ambos tratamientos de hidratación, pero la uniformidad de germinación fue mayor para la semilla sin testa. Estos autores también concluyeron que los tratamientos con peróxido de hidrógeno con o sin NaOCl mejoraron la tasa, uniformidad y porcentaje de germinación de las semillas de ambos cultivares; por lo tanto, estos tratamientos son recomendados para productores que no tienen la capacidad de mantener temperaturas frías durante la germinación o que no cuenten con los recursos económicos que requiere el enfriamiento de semillas.

La latencia de las semillas de diversa especie de *Echinacea* provoca una baja y errática germinación de las semillas, lo que representa un problema con importantes implicaciones económicas para los productores de plantas medicinales de las especies de *Echinacea angustifolia* y *E. pallida*. Por esta razón, Sari *et al.*, (2001), realizaron un trabajo con nueve lotes de semillas de las especies antes mencionadas, las cuales fueron tratadas con una solución de 1.0 nM (144.5 mg l^{-1}) de etephon para determinar si este regulador de crecimiento puede mejorar de manera substancial la germinación y ser usado de manera práctica en la agricultura para mejorar la calidad de las semillas de *Echinacea*. Estos autores encontraron que el etephon incrementó significativamente la germinación de semillas de *E. pallida* y *E. angustifolia* en comparación con las semillas no tratadas de ambas especies. El porcentaje de germinación en los lotes de semillas se incrementó en 27 y 29 % para *E. pallida* y *E. angustifolia* respectivamente.

Los efectos de estratificación, con ácido butírico, ácido giberélico y thiourea fueron estudiados en la germinación de semillas de la planta ornamental *Liatris spicata* L. Por Parks y Boyle (2002). Los resultados obtenidos por ellos indican que el tratamiento de remojo durante tres minutos con ácido butírico a 225 o 1121 mg L^{-1} produjeron resultados similares en la germinación de semillas que los obtenidos con 10 semanas de estratificación. Las semillas que se sumergieron en thiourea a las concentraciones de 0.76 y 7.61 mg L^{-1} por 24 horas antes de la siembra fueron superiores que el testigo sin thiourea. Las semillas tratadas con ácido giberélico a las concentraciones de 1, 10 y 100 mg L^{-1} no fueron diferentes que el testigo (0 mg L^{-1}) que no recibió la hormona. Estos autores concluyen que tratar las semillas de *L. spicata* con ácido butírico puede ser una forma práctica de romper la latencia y acelerar la germinación de esta planta ornamental.

Tratamientos con temperaturas.

McElgunn (1974), reporta que la aplicación de altas temperaturas como mecanismo de romper latencia ha sido frecuentemente utilizado. Al parecer estas producen incrementos en la respiración y metabolismo, especialmente en semillas húmedas, cambiando el balance de los componentes intermedio del ciclo respiratorio, sin embargo su mantenimiento por tiempo prolongado puede ser desfavorable para la germinación de las semillas.

Por otra parte Cabello y Camelio (2002), encontraron que la temperatura tiene un efecto significativo sobre el porcentaje y la velocidad de germinación. Entre 5 y 15 °C, ambos parámetros aumentaron con el incremento de la temperatura del cultivo, luego declinaron, siendo la temperatura de 30 °C letal para la germinación.

La lenta y desincronizada germinación de las semillas de papaya se atribuye a la presencia de inhibidores, principalmente compuestos fenólicos en la testa de sus semillas (Chow y Ling, 1991). Es por eso que Salomao y Mundim (2000), realizaron un trabajo en Brasil para estudiar el efecto sobre la germinación en dos lotes de semilla de *Carica papaya* por deshidratación de las semillas a 25 °C, seguida por exposiciones de las mismas a -20 °C o a -196 °C con o sin tratamientos de ácido giberélico. Estos autores encontraron que en la ausencia de ácido giberélico, la deshidratación incrementó la germinación de un lote de semillas cuando el contenido de humedad se redujo de 59 % a 6 % y 5.3 %. La deshidratación a 5.3 % o 6.9 %, seguida por exposición a temperaturas subcero y tratadas con ácido giberélico fue la combinación de tratamiento más eficaz para mejorar la germinación de las semillas de papaya.

Zhao *et al.* (1995), trabajaron con semillas de *Festuca rubra* la cual fue sometida a temperaturas de 15, 20, 25 y 30 °C constantes y a temperaturas alternas de 15/25 °C, 20/30 °C, en presencia de luz; una muestra de semilla fue tratada previamente con solución de nitrato de potasio al dos por ciento (KNO₃) y almacenada a 5 °C por siete días. Encontraron que el rango de temperatura de 15 a 30 °C es adecuado para la germinación de la semilla de *F. rubra*, y que el tratamiento con KNO₃ al 2 % más 5 °C por siete días aumentó la germinación de 91 a 94 %; el tratamiento con KNO₃ únicamente mejoró la germinación de 86 a 93 %.

Zulay (1996), también afirma que en temperaturas de 10 °C, las semillas de *Bracearia dictyoneura* no superaron el 17 % de germinación y por el contrario, a medida que avanzaron los meses en estas condiciones de frío, las semillas aparentemente entraron en una latencia secundaria, inducida por las bajas temperaturas y su germinación posteriormente disminuyó hasta 8 %.

Murdoch *et al.* (1997), en semillas de *Chenopodium album* encontraron que la germinación decreció al incrementar la temperatura sin rebasar los 25 °C. Franke y Nabinger (1996), trataron semillas de *Paspalum notatum* con solución de KNO₃ al dos por ciento y escarificación mecánica sometida a temperaturas de 30 a 35 °C, y encontraron que el tratamiento con KNO₃ fue más efectiva para romper la latencia que la escarificación, incrementando en forma significativa el porcentaje de germinación.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente trabajo se realizo en el Laboratorio de Fisiología Vegetal y en el vivero de plantas medicinales, del Departamento de Botánica los cuales pertenecen a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México., a los 25° 22' de latitud Norte y 101° 00' de longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm.

Material Genético de estudio

El material genético utilizado fue semilla de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.), la cual fue recolectado en el Cañón de San Lorenzo municipio de Saltillo durante el mes de julio del 2003.

Manejo de la Semilla

Una vez recolectada la semilla se le aplicó el tratamiento para romper latencia física el cual procedió a eliminarle la testa o cubierta impermeable que cubre a la semilla, este proceso se hizo en forma manual utilizando una criba, así mismo fueron eliminados las impurezas, tales como tierra, palos, tallos y algunos otros residuos.

Tratamientos Evaluados

Los tratamientos utilizados en el presente trabajo se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.3 Tratamientos Químicos y Físicos en semillas de sotol.

T1	Semilla sin testa + agua / 10 min. (testigo)
T2	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 75 ppm. / 10 min.
T3	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 100 ppm. / 10 min.
T4	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 150 ppm. / 10 min.

Aplicación de los Tratamientos.

Laboratorio.

Este procedimiento se llevo a cabo el día 16 de agosto del 2003. Primeramente se pesó un gramo de semillas que equivale a 91 semillas esto con la finalidad de saber el equivalente a un kilo el cual contiene 91,000 mil semillas. Posteriormente se colocaron semillas en lotes de 100, en ácido sulfúrico contenido en un vaso de precipitado, expuestas durante diez minutos siendo esto para cada tratamiento; posteriormente las semillas fueron colocadas en un colador en donde se lavaron con agua corriente por un minuto; utilizando agua de la llave a chorro. Esto se hizo con la finalidad de quitarle los residuos que pudieran llevar adheridos a la semilla. Luego fueron colocadas en papel filtro, posteriormente las semillas fueron colocadas en cajas petri provista de papel filtro con 20 semillas por caja teniendo un total de 5 repeticiones por tratamiento luego se le agrego agua destilada hasta humedecer el papel filtro.

Una vez aplicado los tratamientos las cajas petri se colocaron dentro de una cámara germinadora a una temperatura de 28 ± 2 °C, regándolas cada vez que fuera necesario, esto con tal de no se fuera a saturar de agua.

Charolas.

El 30 de Agosto del 2003. Se colocaron semillas en lotes de 1000 en ácido sulfúrico contenido en un vaso de precipitado, expuestas durante diez minutos siendo esto para cada tratamiento; posteriormente las semillas fueron colocadas en un colador en donde se lavaron con agua corriente por un minuto; utilizando agua de la llave a chorro. Las semillas fueron sembradas en charolas de nieve seca con 200 cavidades a una profundidad de dos veces del tamaño de la semilla, las charolas fueron divididas en dos partes, en la cual se utilizó cinco por tratamiento dando un total de 10 repeticiones con 100 semillas por repetición, para la cual se utilizó como sustrato Peat Moss y Perlita a una relación de 3:1 dándole riegos cada vez que este lo requiriera. Así mismo se utilizó un plástico transparente para cubrir las charolas durante una semana esto con la finalidad de que le proporcionara calor y acelerara la germinación.

Variables a evaluar:

Laboratorio

Capacidad de Germinación (%)

Esta variable se obtuvo con el conteo efectuado durante 16 días después de la siembra, realizado el 15 de Agosto al 1 de Septiembre en este caso se consideró la suma de las semillas germinadas durante el conteo.

Índice de Velocidad de Germinación.

Para esta variable se determinó con el conteo diario durante 16 días después de la siembra. Una semilla se consideró como germinada cuando presentó ruptura de la testa.

Charolas.

Capacidad de Emergencia (%).

Esta variable se obtuvo al contar las plántulas emergidas de cada repetición diariamente durante 20 días después de la primera semana. Realizado el 30 de Agosto al 28 de Septiembre.

Índice Velocidad de Germinación.

Para la evaluación de esta variable se obtuvo con los conteos diarios del número de plantas emergidas durante 20 días. Para este cálculo se utilizó la fórmula de (Maguire, 1962).

$$IVE = \sum \text{No. P/d} + \dots + \text{No. P/d}$$

Donde

IVE = Índice de Velocidad de Germinación.

No.P = Número de Plantas Emergidas.

d = Días después de la siembra.

Análisis Estadístico.

El análisis de las variables se llevó a cabo utilizando el Paquete estadístico de Diseños Experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994). Mediante un Diseño Completamente al Azar, bajo el siguiente modelo estadístico lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable observada

μ = Media general

α_i = Efecto de tratamientos

E_{ij} = Error experimental

i = 1, 2, 4 tratamientos

j = 1, 2, 3, 10 repeticiones

RESULTADOS Y DISCUSION.

Laboratorio.

Capacidad de Germinación (%).

Para esta variable en la figura 2.1 se presentan los resultados obtenidos en porciento de germinación obtenidos durante 16 días, con semillas de tres semanas de ser cosechadas. En el análisis de varianza no mostró ninguna diferencia estadísticamente significativa como se puede observar en cuadro 1.4, pero si hay diferencia numéricamente entre tratamientos siendo el mejor con 77 % germinación el T2 (ácido sulfúrico a 75 ppm) seguido por el T3 (ácido sulfúrico a 100 ppm) que presentó el 74 % de germinación por otra parte se observó que el T1 (testigo) supero con 71% de germinación al T4 (ácido sulfúrico a 150 ppm) que presentó el 67 % de germinación. Estos resultados concuerdan con Allen *et al.* (1995) quienes trabajaron con semillas de *Bromus tectorum* recién cosechada fue más latente ya que tuvo la germinación mas baja y menos uniforme. Por otra parte Palma (2000), quien trabajo con semillas de sotol (*Dasyilirion spp*) con un periodo de almacenamiento de dos años y concentraciones altas de ácido sulfúrico a 15%, menciona que la germinación se llega a incrementar hasta un 92%. Lo que deja clara que el ácido sulfúrico si funciona como tratamiento para romper latencia en este tipo de semillas.

Cuadro 1.4 Análisis de Varianza para la variable de Capacidad de Germinación (%) en semillas de sotol bajo condiciones de Laboratorio.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	273.75	91.25	0.5407 NS	0.665
ERROR	16	2700.00	168.75		
TOTAL	19	2973.75			

C.V = 17.98 %

* = $P \leq 0.05$

** = $P \leq 0.01$

NS = $P > 0.05$

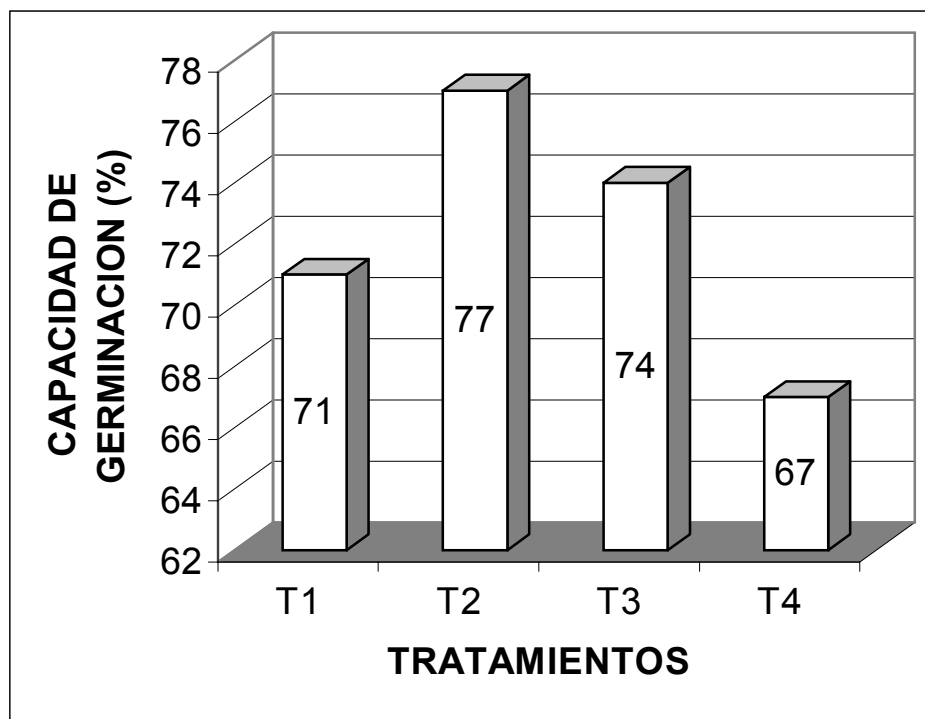


Figura 2.1 Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico 75, 100 y 150 ppm con el testigo para la variable de Capacidad de Germinación (%).

En cuanto a la comparación de medias entre tratamientos realizada con la prueba de Tukey no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 1.5)

Cuadro 1.5 Comparación de Medias para Capacidad de Germinación con la prueba de Tukey al 0.01% en semillas de sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel).

No.	Tratamiento	Media
2	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 75 ppm / 10min.	77A
3	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 100 ppm /10min.	74A
1	Semilla sin testa + agua / 10 min.	71A
4	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 150 ppm /10 min.	67A

Tukey a 0.01 % = 30.1512

Índice de Velocidad de Germinación

Con respecto a esta variable en el cuadro 2.1 y figura 2.2 se pueden apreciar que hubo diferencia significativa para el T1 siendo el mayor promedio con 3.198% con respecto a los T3 y T4 que obtuvieron un promedio de 2.96 % y 2.77 % respectivamente teniendo el promedio más bajo el T2 con 2.122 %. Sin embargo la comparación de medias en esta variable no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamiento como se observa en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.1 Análisis de Varianza para el Índice de Velocidad Germinación en semillas de sotol (*Dasyvirion cedrosanum* Trel).

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	3	3.194809	1.064936	1.1337 *	0.366
ERROR	16	15.028976	0.939311		
TOTAL	19	18.223785			

C:V = 35.08 %

* =P≤0.05

** =P≤0.01

NS=P>0.05

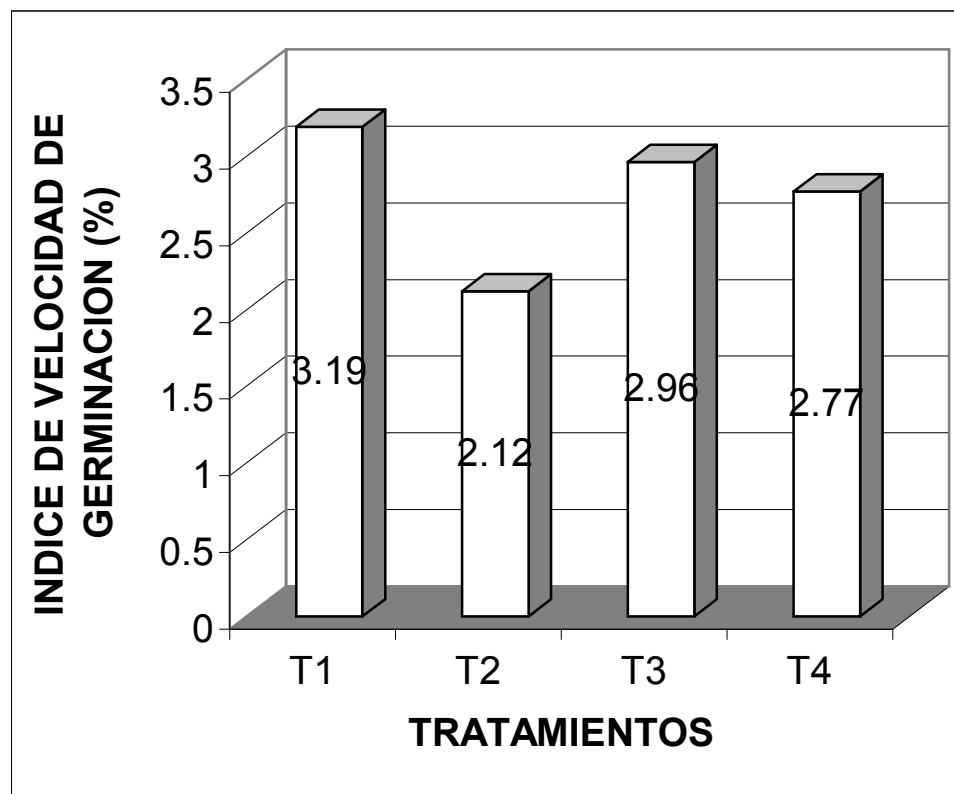


Figura 2.2 Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (75, 100 y 150 ppm) con el testigo para la variable de Índice de Velocidad de Germinación (%).

Cuadro 2.2 Comparación de Medias de la Variable de IVG. Con la prueba de Tukey en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel).

Tratamiento	Media
1	3.198 A
3	2.960 A
4	2.770 A
2	2.122 A

Tukey a 0.01% = 2.2495

Charolas.

Capacidad de Emergencia (%)

En el cuadro 2.3 se presentan el análisis de varianza en donde se aprecia una diferencia altamente significativa en el T4 (ácido sulfúrico a 150 ppm) con 72.19 % de emergencia y una diferencia significativa para el T1 (testigo) con 59.09% de emergencia, presentando estos tratamientos los niveles más altos como se muestran en la figura 2.3. Así mismo los niveles más bajos se presentan en los tratamientos T2 (ácido sulfúrico a 75 ppm) y T3 (ácido sulfúrico a 100 ppm) con 52.79 % y 50.09 % de emergencia respectivamente. En cuanto a la comparación de medias entre tratamientos se aprecia que hay una diferencia altamente significativa. Para esta comparación se observan tres grupos el cual el primer grupo

esta conformado por el T4 con una media de 72.19, en un segundo lugar se encuentran los tratamientos 1 y 2 con una media de 59.09 y 52.79 respectivamente y con una media de 50.09 como en tercer termino se encuentra el T3. cuadro 2.4.

Cuadro 2.3 Análisis de Varianza para la variable de Capacidad de Emergencia (%) en semilla de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel).

FV	GL	SC	CM	F	P>F 0.01%
TRATAMIENTOS	3	2910.906250	970.302063	4.6248**	0.008
ERROR	36	553.000000	209.805557		
TOTAL	39	463.906250			

C:V = 24.74 %

* = $P \leq 0.05$

** = $P \leq 0.01$

NS = $P > 0.05$

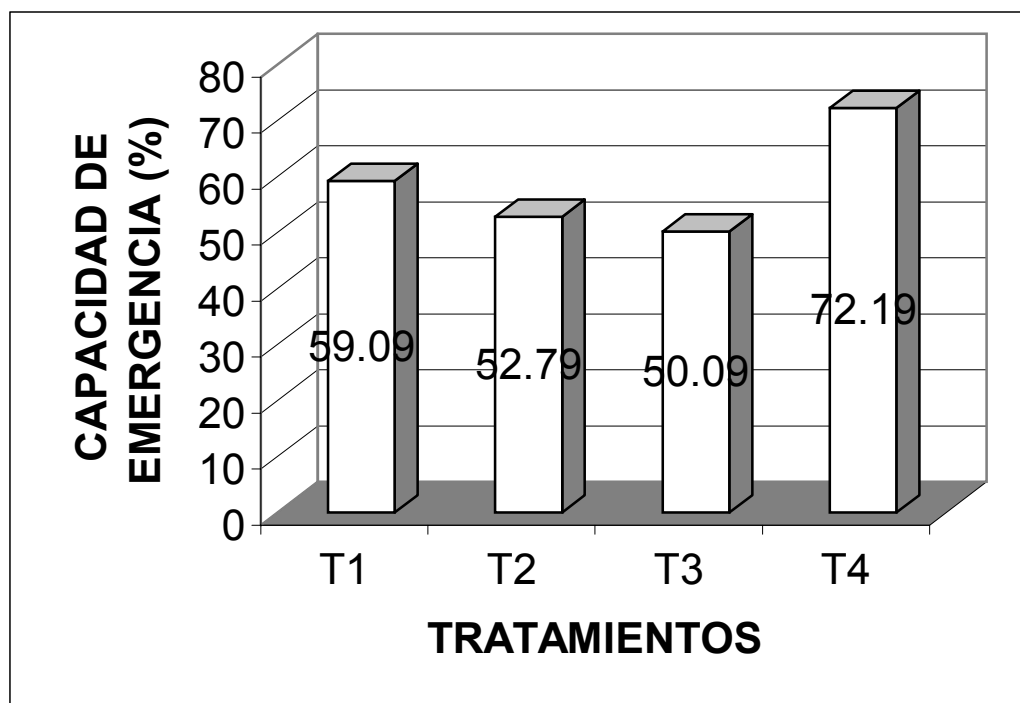


Figura 2.3 Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (75, 100 y 150 ppm) con el testigo para la variable Capacidad de Emergencia % en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel).

Cuadro 2.4 Comparación de Medias para la variable de Capacidad de Emergencia (%) con la Prueba de Tukey en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel)

No	Tratamiento	Media
4	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 150 ppm /10 min.	72.1900 A
1	Semilla sin testa + agua / 10 min.	59.0999 AB
2	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 75 ppm / 10min.	52.7900 AB
3	Semilla sin testa + ácido sulfúrico a 100 ppm /10min.	50.0900 B

Tukey a 0.01% = 21.7113

Índice de Velocidad de Emergencia

Para esta variable en la figura 2.4 se aprecian que los mejores tratamientos con respecto al índice de velocidad de emergencia así como el análisis de varianza cuadro 2.5, fueron los T1 y T4 con porcentajes de 12.908 % y 12.894 % respectivamente, presentando diferencias altamente significativas ante los tratamientos T2 con 9.704 % y T3 que reporta el 8.798 % siendo estos superados por el testigo.

En el cuadro 3.1 se aprecia que en la comparación de medias para esta variable con la prueba de Tukey no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Cuadro 2.5. Análisis de Varianza para la variable de Índice de Velocidad de Emergencia en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel).

FV	GL	SC	CM	F	P>F 0.01%
TRATAMIENTOS	3	137.330076	45.776691	3.8437 **	0.017
ERROR	36	428.740234	11.909451		
TOTAL	39	566.070313			

C.V = 31.16 %

* = $P \leq 0.05$

** = $P \leq 0.01$

NS= $P > 0.05$

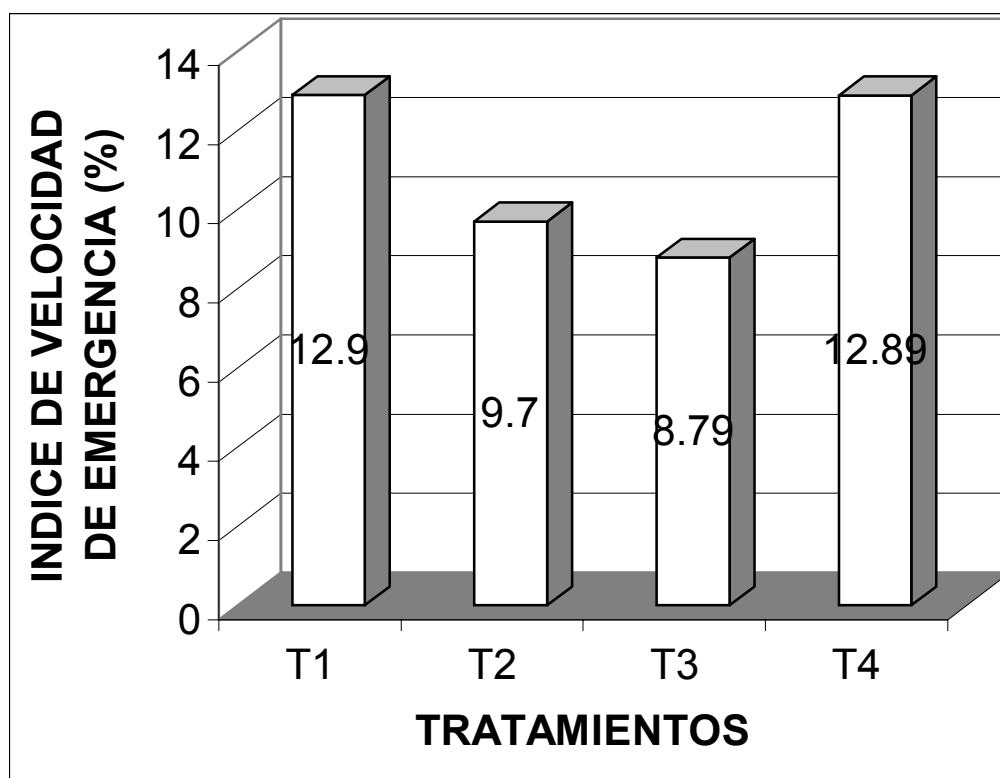


Figura 2.4. Comparación de diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (75, 100 y 150 ppm) con el testigo para la variable de índice de Velocidad de Emergencia (%) en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel)

Cuadro 3.1 Comparación de medias para la variable de Índice de Velocidad de Emergencia en semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel). Con la prueba de Tukey.

Tratamiento	Media
1	12.98 A
4	12.90 A
2	9.70 A
3	8.79 A

Tukey a 0.01% = 5.1707

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo tanto en laboratorio como en condiciones naturales (charolas) se estudiaron los procesos de escarificación química y física en germinación de semillas de sotol se concluye lo siguiente:

- Las semillas de sotol aun con los tratamientos aplicados presentaron latencia fisiológica esto debido a que la semilla utilizada no esta completamente en su estado de madurez, también presentan una testa dura que hace más difícil la imbibición por consiguiente la obtención de una baja tasa de germinación.
- Se puede concluir que tanto para la variable de índice de velocidad de germinación como la de emergencia el testigo fue el que tuvo mejores resultados para ambos casos.
- Para la variable capacidad de germinación (%) evaluado bajo condiciones de laboratorio, el ácido sulfúrico a 75 ppm fue el mejor de los tratamientos con un porcentaje de germinación del 77 %
- Para el caso del experimento bajo condiciones naturales (charolas) el mejor tratamiento fue T4 (ácido sulfúrico a 150 ppm) obteniendo el mejor de los resultados para la variable de capacidad de germinación con un 72 %.

- Con la información obtenida, podemos concluir que la utilización de ácido sulfúrico a 75 ppm en laboratorio y 150 ppm en campo, son recomendados para el rompimiento de latencia
- Cabe mencionar los mejores resultados obtenidos tanto para el índice de velocidad de germinación como el índice de velocidad de emergencia no siempre van a presentar los valores para el mismo tratamiento que presente el mejor porcentaje de germinación, el cual quiere decir que estos deben influenciados por las condiciones ambientales en que se encuentren.
- Por otra parte se recomienda que la semilla permanezca por lo menos seis meses en estado de reposo después de la cosecha para ser sembrada, no sin antes escarificarlas.

Cabe mencionar que existe poca información referente a la fisiología de esta semilla, así como los mecanismos precisos responsables de la latencia, sin embargo la información que aquí se presenta puede ser de utilidad en posteriores investigaciones enfocadas a conocer más con amplitud la fisiología tanto en laboratorio como su establecimiento en condiciones naturales.

LITERATURA CITADA

- Acosta S. M. 1959. Propagación vegetativa de leñosas y forestales. La Hacienda. 54 (4).
- Allen, P. S., S. E. Meyer and J. Beckstead. 1995. Patterns of After Ripening in *Bromus tectorum* J. Of Experimental Botany. 46: 292, 1737-1744. USA.
- Álvarez, G. 1986. Efecto de tres fitorreguladores y escarificación en la germinación de seis Especies de Cactáceas del Noreste de México. UAAAN. pp. 85.
- Baskin, C. C. and J. M Baskin, 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Ed. Academic Press. San Diego, California. EUA.
- Bernal, L. I. 1981. Aspectos bioquímicos de germinación y el deterioro. Departamento de Bioquímica vegetal. Facultad de Química de la UNAM. México. p.p. 16.
- Bush, W., W. P., Shepard D., y G. McGlure 2000. Enhancement of seed germination in common carpetgrass and centipedgrass seeds. HortScience, 35(4): 769-770.
- Bradbeer, J. W. 1988. Seed dormancy and germination. British Library Cataloguing in publication Data King's College London, p. 39-39.
- Cabello, A. y M. E. Camelio. 2002. Germinación de semillas y producción de plantas de Maitén (*Maytenus boaria* Mol.) Depto. de silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
- Camacho M. F. 1994. Dormición de Semillas, Causas y Tratamientos. Primera Edición. Editorial Trillas, S.A. de C.V. p. 13-20
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plant. EUA. The New York. Botanical Garden.
- Copeland, L. O. 1976. Principles of seed vigor. Seed Sci. and Tech. 1. 73-88. The Netherlands.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of Seed Science and Technology. 2a Ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. USA.
- Chow, Y. J. y C. H. Ling. 1991. *p*-Hydroxy benzoic acid as the mayor phenolic germination inhibitor of papaya seed. Seed Sci. Technol. 19:167-174.

- Crocker, W. 1916. Mechanics of Dormancy in Seeds. Ann J. Bot. 3.p 99-120. EUA.
- Del Castillo, R. F. 1986. Semillas, Germinación y Establecimiento de *Ferocactus histrix*. Cactáceas y Suculentas mexicanas, 31 (1): 5-11.
- De la Rosa M. 1994. Estimulación de la germinación de cinco especies de cactáceas consideradas en peligro de extinción. Revista Internacional de Botánica Experimental. BA. Argentina. 56: 147-150, XII-1994.
- Duffus, C. y C. Slaughter. 1980. Las semillas y sus usos. A. G. T. Editor, S.A. México, DF.
- Dzib, C. M. E. 2003. Rompimiento de latencia en semillas de sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel) utilizando algunos métodos físicos y químicos.
- Fariá, J; L. G. Aguilar y B. González 1996. Nota técnica: Métodos de escarificación de cuatro leguminosa forrajeras tropicales. Rev. Fac. Agron. (Luz), 13:573-579.
- Fariñas M. J., G. Aguilar y A. Silva. 1997. Escarificación química de semillas de tres especies de Centrosoma para Sabanas bien drenadas. Zootecnia tropical. 15 (2): 221-237.
- Fundación para Desarrollo del Agro (Fundegro, 1999). Manual de Control de Calidad de Semillas. Lima, Perú.
- García, G. J. 1979. El sotol. Seminario preparado en el curso de zonas áridas. Chapingo, México.
- García S, A. 1952. Comparación del sotol y la alfalfa en la alimentación de vacas lecheras. Tesis profesional. UAAAN.
- Hartmann, H. y D. E. Kester. 1995. Propagación de plantas. Ed. Continental. México. P. 51-58.
- Hartmann, H. T., y D. E. Kester, 1999. Propagación de plantas: Principios y prácticas. 7ª Reimpresión. Editorial Continental. México.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester and F. T. Davies. 1990. Plant Propagation. Principals and Practices Fifth. Ed. Prentice Hall N. J. USA..
- Hartmann, H. T., W. J. Flocker y A. M. Kofranek 1981. Growth, development and utilization of cultivated plants. Plant Science. Prentice-Hall, Press. Englewood Cliffs, N. J. 83-86.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1985. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. and Tech. 4:1-177. The Netherlands.

- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. international rules for seed testing. Rules. Seed Sci & Technol. 24:1-333. Zurich, Switzerland.
- Khan, A. A. 1997. The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination. The Sevier/North Holland Biomedical Press. P. 30-50. USA.
- Katzman, S. L., G. A. Taylor y W. R. Langhans, 2001. Seed enhancements to improve spinach germination. HortScience 36(5): 979-981.
- Koller, D. 1972. Environmental Control of Seed Germination, Seed Biology, Vol. 2. T.T. Kozlowsky, ed. New York. Academic Press.
- Lodes, R. and M. Kuhns. 1996. Growing shrubs from seed. Nebguide publication. Universidad de Nebraska. EUA.
- López, B. L. A. y V. L. Portes, 2002. El Sotol, una planta muy especial. Manual del productor. Impresa en Print-Power, S.A. de C.V. México, D.F. 1ª Edición.
- Low, H. 1985. Análisis de Semilla, Departamento de Industrias Primarias de Queensland, Meirs Road, Indoorroopilly, Brisbane, QLD., Australia. 4068.
- Madrigal, L. R. 1988. Introducción al cultivo de células, tejidos y órganos vegetales. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica. México. D.F.
- Magalhaes, E., D. Groth y A. Lago. 1992. Efecto de diversos processos de secagem sobre a qualidade fisiológica de semente de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. Revista Brasileira sementes. 14:195-200.
- Marroquín S, J., L. G. Borja, C. R. Velásquez y C. J. A. de la Cruz. 1981. Estudios Ecológicos Dasonómico de las Zonas Áridas del Norte de Chapingo, México.
- Medellín, L. F. 1982. The Chihuahua Desert in Bender, Gordon L. Reference hornbook on the desert of North America. 6: 321-381 WestPoint. Greenwood Press.
- McElgunn, J. 1974. Germination response of forage grasses to constant and alternating temperature. Canadian Journal of Plant Science. 54 (2):265-270.
- Molina, G. J. D. 1983. Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México. Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª Edición. Instituto de Biología. UNAM. México.
- Mott, J. J. and G. M. McKean. 1979. effect of Heat Treatment in Breaking Hardseedendness in Four Species of *Stylosanthes*. Seed Sc. And Tech. Vol. 7, p. 12-25. The Nertherlands.

- Murdoch, A. J., E. H. Roberts; R. H. Ellis and M. Black. 1997. Temperature and the Rate of Germination of Dormant Seeds of *Chenopodium album*. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture No. 30. USA.
- Nokes, J. 1986. Natwe plants How to grow of Texas and the Southwest. Texas. Monthly Press pp. 172-173.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5; Facultad de Agronomía UANL-Marín, N.L.
- Ortega, R. y Villavicencio (s.f). Aspectos socioeconómicos y de comercialización del sotol, derivados de su explotación en la Comarca Lagunera. Boletín Informativo. CIRNOC-INIFAP. Coahuila, México.
- Palma, E. J. I. 2000. Bases para la propagación de sotol (*Dasyilirion spp.*) vía *in vitro* y por semilla. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Patiño, F., P. De la Garza, G. Y. Villa, I. Talavera y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín divulgativo No. 63. 181 p.
- Parks, A. C. y Boyle, H. T. Boyle. 2002. germination of *Liatris spicata* L. Willd. Seed enhanced by stratification benziladenine on thiourea but not gibberelc acid. HortScience 37(1)Ñ202-205.
- Pelag, L. 1971. Germination, Internal and External Factors. Australian Seed Res. Conference. Camberra, Australia.
- Pérez-García, F. and Durán, J. M. 1990. The Effect of Gibberelic Acid on Germination of *Onopodorum nervosum*. Seeds. Seed Science and Technology. Vol. 18: 83-88. The Netherlands.
- Potts, H. E. 1997. Semillas, Desarrollo, Estructura y Función. Curso Sobre Producción de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Ramírez, A., E. Salazar y J. I. Roa. 1988. Técnicas de Multiplicación por semillas de Especies Forrajeras. Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 40.
- Ramírez Díaz, J. A. 2000. Comunicación Personal. Departamento de Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Ramos, N. 1975. Factores que influyen en la germinación del pasto (*Brachiaria decumbens* stapf). Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario (UN-ICA). Tesis Ms. Sc. Bogotá, Colombia. 128 p.
- Ramos, N. A. y C. Romero. 1976. Efecto del Almacenamiento y la Escarificación en la Germinación del Pasto *Brachiaria decumbens*. En Seminario sobre Producción de semillas Forrajeras. Maracay, Venezuela, IICA. Serie Informes de Conferencias, cursos y Reuniones. No. 99. p 66-81.
- Reyes, R., P. M. 1993. Latencia de Semillas: Mecanismos de control y métodos de rompimiento. Monografía inédita. UAAAN. pp. 153.
- Rivera, Q, J. R. 1987. Aprovechamiento de candelilla, orégano y sotol en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rodríguez, C., J. A. González y F. Hernández. 1983. Evaluación de Diferentes Métodos Prácticos de Escarificación en Semillas de Leucaena, en Condiciones de Trópico Semi-seco. Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Ags., Ags. México. p. 10.
- Ruiz, O. M. 1979. Tratado elemental de Botánica. Editorial ECLALSA. México, D.F.
- Ruiz, O. M. 1983. Tratado Elemental de Botánica. Editorial E.C.L.A.L.S.A.
- Rzedowski, J. 1998. Vegetación de México. Editorial Limusa, S.A de C.V. México, D.F. 7ª Reimpresión.
- Salomao, N. A. y C. R. Mundim, 2000. Germination of papaya seed in response to disiccation, exposure to subzero temperatures, and giberelic acid. HortScience, 35(5):904-906.
- Sari, O. A., R. M. Morales y E. J. Simon, 2001. Ethephon can overcome seed dormancy and improve seed germination in purple coneflower species *Echinaceae angustifolia* and *E. pallida*. HortTechnology. 11(2):202-205.
- Strickland, R. W., C. Siro and C. Brisbane. 1976. Seed Production and Testing Problems in Tropical and Subtropical Pasture Species. Proc. Int. seed Test. Ass. Vol. 36(1): 189.199. The Netherlands.
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la Tecnología de Semillas. Editorial Acribia. Zaragoza, España. P. 30.
- The United State Department of Agriculture. 1965. Semillas, manual para el análisis de su calidad. Editorial Herrera, S. A México.
- The United States Department of Agriculture. (USDA) 1984. Semillas. Editorial Continental. México D:F. 9ª. Reimpresión. 1020 pp.

- Valdés O. A. 1998. La Latencia en Semillas Forrajeras. Memoria para el Curso de Producción de Semillas Forrajeras. UAAAN. México.
- Velásquez, C. R. 1983. El sotol. Agricultura de zonas áridas. Chapingo, México.
- Vencer, R. F. 1989. Semillas; Biología y Tecnología. Mundi-Presa. España.
- Villarreal, Q. J. A. 2001. listado Florístico de México XXIII. Flora de Coahuila. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.
- Villers, T. A. 1974. Seed Dormancy. In Seed Biology. Kozlowski. T. de London, New York Academic Press. Vol. 11 pp. 220-282. London.
- Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos, FAO Montes 20/2. 502 p.
- Zarate L. Alejandro. 2002. "Poblaciones y su condición: Estudio Regional del Sotol". Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Secretaría de Fomento Agropecuario, Gobierno del Estado de Coahuila.
- Zhao, X., J. R. Chen; Y. Ju; X. H. Zhao; J. R. Chen and Y. Ju. 1995. Study on Suitable Germination Conditions for *Festuca rubra* Seeds. Grassland of China. No. 2, 62-64. China.
- Zulay, F. V. 1996. Efecto del almacenamiento sobre la calidad de semillas de *Brachiaria dictyoneura*. Zootecnia tropical. 14(2):113-131.
- Zulay, F. V. 1998. Efecto del almacenamiento y Tratamiento con ácido sulfúrico en semillas de *Brachiaria dictyoneura*. Zootecnia tropical. 16(2):277-286.

