

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE BOTANICA**



**Pruebas de germinación en semillas de Sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) utilizando extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) bajo condiciones de laboratorio.**

**POR**

**Gloria Padilla Villa**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial**

**para Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN AGROBIOLOGIA**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**JUNIO DEL 2004**

**Pruebas de germinación en semillas de Sotol(*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) utilizando extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) bajo condiciones de laboratorio.**

**POR**

**Gloria Padilla Villa**

**TESIS**

**Que se somete a consideración de H. Jurado examinador como  
requisito parcial para obtener el título de :  
INGENIERO EN AGROBIOLOGIA**

---

**M.C. Leopoldo Arce González  
PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**Dr. Arturo Gallegos del Tejo  
SINODAL**

---

**Dr. Jesús Valdés Reyna  
SINODAL**

---

**Dr. José Luis Oviedo Ruíz  
SINODAL**

---

**M.C. Arnoldo Oyervides Garcia  
Coordinador de la División de Agronomía**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**JUNIO DEL 2004**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Arnulfo Padilla González y Severiana Villa Huitrón.

Por darme la vida, cariño, educación, que día con día e recibido de su parte y más que nada por la oportunidad de poder realizar mis objetivos.

En especial a mi mama de quien estoy muy orgullosa, por el apoyo que con mucho esfuerzo y sacrificio me a brindado en todo este tiempo para terminar mi carrera profesional.

### **A mis hermanas:**

Eva, Adriana, Maria Inés y Flora que con su apoyo moral y económico fue posible la realización de este trabajo. Gracias por los buenos consejos y la confianza que depositaron en mi.

### **A mis familiares:**

Sobrinas, primos y Abuelitos con mucho cariño y afecto.

### **A Samuel:**

Por estar siempre conmigo en los momentos mas difíciles.

### **A mis compañeros de generación:**

Con quienes pase momentos agradables.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mi Alma Mater:**

Por recibirme en su seno, por darme todo el conocimiento y herramientas necesarias.

### **Al MC Leopoldo Arce González**

Por el interés y tiempo dedicado, para terminar este trabajo de investigación.

### **A mis sinodales:**

**Dr. Arturo Gallegos del Tejo**

**Dr. José Luis Oviedo Ruiz**

**Dr. Jesús Valdés Reyna**

Por la disposición y el apoyo en la revisión y correcciones al presente trabajo de investigación.

### **A la T.L.Q. Francisca Calvillo Ramírez**

Por el apoyo en la realización práctica del trabajo.

### **A todos los maestros:**

Que de alguna forma u otra contribuyeron a mi formación como profesionista.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1 Objetivos.....	10
1.2 Hipótesis .....	10
II REVISIÓN DE LITERATURA .....	11
2.1 ANTECEDENTES .....	11
2.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA .....	12
2.2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL GÉNERO( <i>Dasyllirion</i> ) .....	12
2.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE .....	13
2.4 ZONAS PRODUCTORAS .....	14
2.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA .....	15
2.6 DISTRIBUCIÓN DEL SOTOL EN COAHUILA.....	16
2.7 TIPOS DE REPRODUCCIÓN.....	16
2.8 LA SEMILLA .....	16
2.8.1. ESTRUCTURA DE LAS SEMILLAS .....	17
2.8.2 Calidad de la semilla.....	18
2.8.3 Deterioro de la semilla.....	18
2.8. LATENCIA DE SEMILLAS .....	19

2.9.1 METODOS PARA ROMPER LA LATENCIA .....	21
2.8. GERMINACIÓN.....	22
2.10.1 CONCEPTO DE GERMINACIÓN .....	23
2.10.2 Requerimientos o condiciones para la germinación .....	25
2.10.2.1 Requerimientos o condiciones intrínsecas para la germinación.....	25
2.10.2.2 Condiciones extrínsecas que se requieren para la germinación .....	26
2.10.3 EVENTOS DURANTE LA GERMINACIÓN .....	27
2.8. IMPORTANCIA DEL REMOJO EN AGUA.....	30
2.11.1 Importancia de la humedad de la semilla .....	31
2.12 SANIDAD DE SEMILLAS .....	31
2.12.1 HONGOS EN SEMILLAS.....	31
2.13 LECHUGUILLA .....	32
2.13.2 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT .....	35
2.14 EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN.....	37
III MATERIALES Y METODOS.....	39
3.1 Ubicación del experimento.....	39
3.2 Material en estudio .....	39
3.3 Materiales .....	39
3.4 Trabajo de laboratorio .....	40
3.5 Análisis Estadístico .....	42
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	44
V CONCLUSIONES .....	51
VI LITERATURA CITADA.....	52

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.1 Análisis de varianza del efecto del extracto de raíz de lechuguilla y lechuguilla seca a diferentes concentraciones sobre el rompimiento de latencia de las semillas de sotol ( <i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel.) a los 20 días después de la siembra para la variable Capacidad de germinación (%).....	53
Cuadro No. 2 Comparación de medias para la variable Capacidad de Germinación, de las semillas de sotol ( <i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel.) mediante la prueba de Tukey con 0.01 de significancia.....	53
Cuadro No. 3. Análisis de varianza para la variable Índice de Velocidad de germinación de semillas de sotol <i>Dasyilirion cedrosanum</i> Trel.....	55
Cuadro No. 4. Comparación de medias para la variable Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de las semillas de sotol mediante la prueba de Tukey con .01 nivel de significancia....	56

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de germinación de semillas de Sotol a los 20 días después de la siembra en diferentes tratamientos.....	54
<b>figura 2.</b> Efecto de las diferentes concentraciones de extracto de raíz de lechuguilla y lechuguilla seca, en el número de plantas germinadas de semillas de sotol.....	57
<b>Figura 3.</b> Índice de Velocidad de Germinación de semillas de Sotol a los 20 días después de la siembra en diferentes tratamientos.....	58

## RESUMEN

La semilla de sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.), por sus características, presenta bajo porcentaje de germinación, por lo que el presente trabajo se realizó con el objetivo de encontrar el tratamiento más adecuado para romper la latencia de sus semillas, mediante la aplicación de dos extractos orgánicos; uno fue de raíz de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) y otro de las hojas secas a las concentraciones de 0.05 mg, 0.01mg, 0.1 mg y un testigo absoluto en condiciones de laboratorio. En cajas petri con papel filtro fueron colocadas 50 semillas de sotol para cada unidad experimental, adicionados los extractos y situadas en camas de germinación a  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  los resultados indican que al aplicar 0.05 mg del extracto de raíz de lechuguilla, la semilla germinó en un 96.8% a los 20 días después de la siembra, con un Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de 12.1%, no se presentaron problemas de hongos ni pudrición y por lo tanto longitud de la planta y raíz de sotol fueron superiores a todos los demás tratamientos.

## I. INTRODUCCIÓN

Sotol o Sereque es el nombre que se le da a las diferentes especies de plantas del género *Dasyllirion*, de la familia de las Nolinaceas. Las especies de este género prosperan en la zona árida y semiárida.

El sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) es una especie característica del matorral desértico rosetófilo y matorral crasirrosulifolio espinoso. La zona de producción natural del sotol *Dasyllirion cedrosanum* Trel. está ubicada principalmente en la zona fisiográfica del Altiplano Mexicano, la cual se encuentra en un promedio de 1,000 a 2,000 metros de altura sobre el nivel del mar, entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, distribuyéndose en amplias extensiones de esta última. El altiplano Mexicano es compartido en su mayor parte por los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, y en menor proporción por Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí con características comunes fitogeográficas. Los factores geográficos están determinados en un área de sierras sedimentarias marinas de calizas del Cenozoico y del Mesozoico, con cuencas hidrológicas cerradas en su mayor parte, compartida por las tres entidades federativas de mayor presencia de poblaciones de sotol (Chihuahua, Coahuila y Durango). En cuanto a los factores climáticos, el Altiplano Mexicano se caracteriza por el clima seco de los tipos desértico y estepario (BW y BS) correspondiendo el primero en los extensos valles y bolsones, y el segundo, menos seco, se presenta en las partes elevadas de las sierras. En lo que se refiere a los factores edáficos, la conformación de los

suelos de esta zona es principalmente de los Xerosol, Rendzinas y Regosol delgados con una gran riqueza en carbonatos de calcio(Zarate, 2003).

Tradicionalmente al sotol se le ha utilizado como forraje de emergencia en épocas de prolongada sequía y en los estados de Chihuahua, Durango Zacatecas y Coahuila para fabricar un destilado conocido con el mismo nombre.

El proceso de transformación del sotol para la producción de destilado se inicia con el corte de la planta y despalme para obtener la piña o cabeza de sotol (generalmente corto), su traslado al lugar de beneficio para su cocción en horno rústico de piedra, las piñas una vez cocidas se deshacen (desmadejan) y se colocan en agua para obtener un caldo que se fermenta en piletas de madera, para posteriormente destilarlo en alambiques también rústicos para producir finalmente la bebida alcohólica conocida como sotol.

En los últimos años debido al aumento en la demanda de bebidas tradicionales producidas a partir de especies de Agaves mexicanos como el tequila y el mezcal, ha surgido el interés de producir a escala industrial el tradicional sotol, para la elaboración de la bebida alcohólica, de la cual se ha incrementado su demanda en los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, por tal razón esta especie se ha aprovechado irracionalmente, esto como consecuencia de la sobre explotación y la baja capacidad de regeneración natural. La disminución de las áreas naturales de sotol se debe a varios factores principales. El primero es la ausencia de lluvias provocando sequías muy severas, ya que han sido tan raquílicas y erráticas en esta región que han sido insuficientes para la producción de plantas de sotol. El segundo es la extracción de plantas de sotol para su industrialización, en muchas regiones rebasa la tasa de reproducción de la misma. El tercero factor es referente a la capacidad de germinación de las semillas bajo condiciones naturales. Un cuarto factor se le atribuye a la preferencia que tienen algunos animales domésticos y silvestres por el sotol, en fase de plántula, para su alimentación. Por estas razones, es necesario encontrar una alternativa de propagación eficientes de plantas mediante semillas de esta especie.

El sotol presenta el problema de una testa dura y baja germinación. Investigaciones anteriores han logrado elevar la germinación del sotol (Palma, 2000, Dzib, 2003 y Calderón, 2004).

## **1.1 Objetivo**

Determinar bajo condiciones de laboratorio el efecto de dos extractos de lechuguilla en la germinación de semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.).

## **1.2 Hipótesis**

La aplicación de los extractos de raíz y de hoja de lechuguilla seca en la semilla de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel. ), favorece la germinación de la misma.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 ANTECEDENTES

El género *Dasyllirion* es originario de Norteamérica. Su uso por la especie humana data desde los tiempos precolombinos. Los pobladores nativos de dicha región utilizaron la parte central del tallo (la más tierna) o piñas, para cocinarlas obteniendo un alimento similar al que se obtiene del maguey. También fue utilizado por los habitantes de las cuevas del Río Grande. Los mezcaleros y los Chiricahuas y los apaches comían los tallos tiernos de las flores como legumbre. En el Río Bravo y el Río Pecos, los nativos usaban las hojas para hacer sombreros, sandalias y canastas al igual que los tarahumaras. Y se sabe que los lipones, papagos y tarahumaras no solo le daban uso alimenticio, sino que lo fermentaban para destilar una bebida alcohólica llamada Sotol, que actualmente se usa en los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila principalmente. En la actualidad se usa mínimamente en la construcción de techos para casas (García, 1979), y utilizándose ampliamente para alimentación del ganado (Castellanos y Vergara, 1983), y en la formación de barreras vivas, las cuales son efectivas en el control de la erosión (Madrigal, 1988).

La producción del Sotol en el estado de Coahuila data del siglo XIX. La bebida de sotol también es producida en los Estados de Chihuahua y Durango, ya que el género *Dasyllirion*, se produce de manera silvestre en todos los municipios de estas entidades federativas. Esta región comparte una provincia fisiográfica y condiciones fitogeográficas, así como una historia común, ya que en la época prehispánica, la Meseta Central estuvo habitada por gran cantidad de tribus.

Durante la época colonial, los estados de Chihuahua, Durango y gran parte de Coahuila, formaron parte del Reino de Vizcaya, por lo que fueron los mismos grupos de conquistadores y misioneros que a partir de la segunda mitad del siglo XVI enseñaron a los indígenas los procesos de destilación de los mostos derivados del agave para la producción del Sotol, que hasta la fecha ha mostrado mínimas variaciones en sus sistemas de producción.

El 11 de enero del 2001 por escrito, se solicitó formalmente ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, la Declaración de Protección de la Designación Sotol como Denominación de Origen, por el Gobierno del Estado de Chihuahua. Documento que el Instituto publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de noviembre del 2001. Después, el 15 Enero del 2002, se solicita al Instituto que sea incluido el estado de Coahuila en la solicitud de declaratoria previamente presentada por el Gobierno de Chihuahua. Posteriormente, por escrito presentado el 23 de Enero del 2002, en el Instituto Mexicano de la

Propiedad Industrial, se solicitó formalmente, por el Gobierno del Estado de Durango, la adhesión a la solicitud presentada por el Gobierno de Chihuahua.

Los solicitantes fundamentaron su interés jurídico en ser las tres dependencias de los gobiernos estatales de los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, está la de procurar el mejoramiento de las industrias productoras de *Dasyilirion* y la destilación de la bebida alcohólica “Sotol”, así como el fomento y el aprovechamiento de integral de los recursos naturales, y el impulso a las actividades económicas tradicionales.

## 2.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

La familia Nolinaceae comprende cerca de 200 géneros y 2, 500 especies ampliamente distribuidas (Cronquist, 1981) y generalmente incluye plantas herbáceas, plurianuales y rara vez arbustivas o arbóreas (Ruíz, *et al* 1983).

Reino	Plantae
Phyllum	Magnoliopsida
Clase	Liliopsida
Subclase	Lilidae
Orden	Liliales
Familia	Nolinaceae
Género	<i>Dasyilirion</i>
Especie	<i>cedrosanum</i> Trel.

### 2.2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL GÉNERO *Dasyilirion*

De acuerdo con Cronquist, (1981) pertenece a la familia Liliáceas; sin embargo, de acuerdo con Dahlgren, *et al* (1985) y Bogler, (1994), el género *Dasyilirion* se ubica dentro de la familia Nolinaceae.

El género *Dasyilirion* proviene del náhuatl TZOTOLLIN que significa lirio grueso y esculento, se caracteriza por tener una raíz fibrosa, poco profunda ramificada y extendida, de color café o parduzco, grisáceo y blanco amarillento, dependiendo de la especie, las cuales surgen del tronco de la cabeza, que es gruesa, carnosa y de tamaño regular (Velásquez, 1983). Las raíces tienen un tamaño muy variable, debido tanto a la especie como al lugar en que se desarrolla, las hay de diferentes clases, de acuerdo a su origen, se pueden clasificar en primarias, secundarias y adventicias. La forma de las raíces, las hay pivotantes y fibrosas. El sotol es una planta perenne; caulescente; tronco de 1 a 1.5 m de alto; hojas de 20 mm de ancho, ascendentes, de hasta 1 m de largo, amarillas, haciéndose rojas hacia arriba. Inflorescencia de hasta 5 m de alto; fruto muy estrechamente elíptico de 4-5 por 7-9, el estilo apenas de la mitad de largo de la profunda muesca; semillas 2 por 3.5 mm (SEMARNAT, 2001). En la flor el pericarpio es de 2 a 25 mm de largo: sépalos y pétalos finos, blanquecinos, los estambres más largos que el pericarpio, de filamentos delgados: fruto alados; la semilla encerrada en la parte central. (García, 1952). Las hojas son largas de forma lanceolada arrosetadas de color verde, con espinas pequeñas y encorvadas en los bordes, que los asemeja a los magueyes (Agaves);

pero a diferencia de estos, son delgadas, angostas y rígidas, con forma de espada, aproximadamente de un metro de largo por 2 a 3 cm de ancho, adelgazadas hacia el apéndice y ensanchadas en la base.

Sus flores dependen del tipo de planta, ya que existen plantas masculinas y femeninas (estaminadas y pistiladas). Cuando la inflorescencia es estaminada, la flor llega a ser amarilla brillante, debido a la dehiscencia del polen, lo cual permite verlas a una gran distancia. En las inflorescencias 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 parecen tener el periodo de floración más corto y parecen ser más rápidamente polinizadas. Las flores estaminadas continúan floreciendo por un periodo más largo. Estas últimas tienen un receptáculo corto con seis pétalos separados en dos verticilos, ahí se encuentran seis estambres. Las flores pistiladas tienen un pedicelo claramente unido.

El ovario tiene tres lóbulos y un lóculo simple. Ahí hay usualmente seis pequeños óvulos, producidos en los lóculos, pero únicamente uno, o raramente dos, desarrollan en semillas maduras. La vistosa inflorescencia paniculada, parecida a una espiga con un muy elongado pedúnculo. Las flores nacen en fascículos contractados de racimos parecidos a dedos formados en series a lo largo del eje de la inflorescencia. El tamaño de la inflorescencia varía desde 1 m en planta jóvenes, hasta 5-6 m. en la mayoría de las plantas adultas. El tamaño de la inflorescencia está relacionado con el tamaño de la corona. Ejemplares más viejos aparentemente tienen algún problema de transporte de agua y por lo tanto no pueden desarrollar el tamaño de la corona, que ellos tuvieron cuando jóvenes. La inflorescencia aparece en el centro de la corona, como un brote parecido a una lanza, con brácteas densamente sobrepuestas. Las brácteas son algunas veces de color morado – verdoso en este estado. La floración no ha sido claramente definida. Probablemente esta ocurre como consecuencia a una asociación a una temperatura lluviosa, o con el acumulamiento de humedad de las estaciones de lluvias recibidas en los años anteriores.

La cantidad de plantas que florecen en un año varía enormemente de un año a otro. En algunos años casi todas las plantas de sotol florecen, mientras que en otro año, unas cuantas lo hacen. Se estima que el ciclo de floración es de seis años (USDA, 1965). Las semillas de sotol son trígonoas, con tres lados, de color café – oro, con una superficie más o menos plana y rugosa. El fruto es pequeño, capsular, alado, con una semilla y rara vez con más semillas.

## **2.3 DESCRIPCIÓN LA ESPECIE**

*(Dasyilirion cedrosanum* Trel).

Planta perenne; tallo corto, de 1 a 1.5 m. 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 distantes de 10 a 15 mm. y de 2 a 5 mm. de largo, 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. Hojas anchas, opacas, raramente glaucas, con espinas encorvadas (García, 1952).

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

## 2.4 ZONAS PRODUCTORAS

Las regiones donde el sotol crece naturalmente se encuentra entre los 800 a 2400 msnm. De acuerdo a Velázquez (1983), en México se han identificado de 16 especies de sotol (*Dasyilirion* spp.) repartidas principalmente en terrenos pedregosos, cerriles, calizos y rocosos, con precipitaciones mínimas de 250 mm. anuales y la máxima de 700 mm. con inviernos secos y veranos suaves tales como:

1. **Durango:** sierra de Ramírez y san Juan de Guadalupe.
2. **Tamaulipas:** toda franja de la Sierra Madre principalmente los municipios de Tula, Palmilla y Jaumave.
3. **Chihuahua:** en los límites de Coahuila, municipio de Jiménez, Sierra del Diablo, Los Remedios, Sierra de Coyame, Sierra de Matasaguas, Nicolas Bravo, Mpio. de Ojinaga, Madera, Ignacio Zaragoza, Casas Grandes, Janos entre otros.
4. **Coahuila:** principalmente en las serranías de los municipios de Ocampo, Múzquiz y Acuña.
5. **San Luis Potosí:** Norte del municipio 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, et al 1981). Otras especies se localizan en Texas, Nuevo México y Arizona (García, 1979).

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

- *D. cedrosanum* Trel., con tronco de hasta 1.5 metros de alto y hojas glaucas (1 m de largo por 2 cm de ancho), se le llama también sotol cenizo. Para los municipios de Castaños, Cuatrociénegas, Monclova, Ocampo, Parras, Ramos Arizpe y Saltillo.
- *D. heteracanthum* I. M. Johnston, para el municipio de Ocampo
- *D. leiophyllum* Engel., planta de 1 m de alto y tallo poco grueso, hojas glaucas o verdes de 1 m de largo por 2 cm de ancho, para el Oeste de Coahuila

- *D. texanum* Scheele, planta de 1 a 2 m de alto, con hojas de aproximadamente 1 m de largo por 1.5 a 2 cm de ancho con espinas muy separadas. Para los municipios de Monclova y Ocampo.

## 2.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA

### a) Alimentación

La parte central y mas tierna del bulbo la usaron los nativos de Arizona como alimento, fue usado por los habitantes de las cuevas de los ríos Bravo y Pecos, quienes hacían harina o los cocinaban (Acosta, 1959). Además comían los tallos tiernos de las flores como legumbres.

### b) Producción de fibra

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

### c) Forraje

Las cabezas o piñas (porción central de la planta) de varias especies del género *Dasyilirion*, son un buen alimento para el ganado en la época de sequía.

Las comparaciones entre el sotol y la palma samandoca (*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 (Velázquez, 1983); por lo que es un buen alimento, suficiente para mantener al ganado vacuno (incluso lechero) en buenas (García, 1979), ya que el sotol tiene el 77.7 % del valor nutritivo del que contiene la alfalfa (Rivera, 1987). El bagazo del sotol ya procesado, generalmente se emplea como alimento de vacas y cabras (Velázquez, 1983).

### d) Composición química

Las pruebas de digestión realizadas para el sotol dio como resultado los siguientes porcentajes: Proteínas 39.5%, Fibra 35.5%, Carbohidratos 81.0% y Grasas 2.81% (Velázquez, 1983).

Los primeros datos experimentales con respecto a la composición química del sotol, fueron obtenidos en 1918, por Foster y Humble en Nuevo México en los E.U.A. (citado por Castellanos y Vergara, 1983).

### e) 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 principalmente con motivo de fiestas religiosas. En algunos estados del norte de México y sur de los Estados Unidos Americanos, se emplean plantas completas para decorar jardines de plazas, casas, supermercados, interiores y exteriores de edificios.

#### **f) Fuentes de empleo**

La industrialización de las cabezas de sotol ha generado importantes fuentes de empleo. Los habitantes de las regiones productoras de esta especie son los principales beneficiados, lo mismo que algunas familias en los lugares donde existen tanto vinatas como industrias procesadoras del sotol.

Debido a las características que presentan sus fibras, el sotol se emplea también para hacer sombreros, petates, escobas y otros objetos; algunas especies presentan características adecuadas para la elaboración de papel (Molina, 1983).

### **2.6 DISTRIBUCIÓN DEL SOTOL EN COAHUILA**

En todos los municipios del Estado de Coahuila el Sotol crece de manera silvestre, ya que existe una extensión considerable que comprende la Zona de los Charcos de Figueroa, del Municipio de Ocampo, Coahuila, misma que se prolonga al Este y al Sur de la Sierra de Santa Rosa y hasta Puerto Aura. De la Hacienda de Carrizalejo, situada al Norte de El Berrendo, Coahuila se extiende otra zona de sotol que continua hasta La Presita, al Norte del Puerto del Aire. También se extiende una gran área de sotol a 25 Km al Este de Castaños, Coahuila, costeando la Sierra Madre Oriental de la que ocupa extensos lomeríos. En algunas de estas regiones se le ha explotado en vinatas.

El sotol tiene una amplia distribución en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, se desarrolla en lugares desérticos y semidesérticos, en los suelos donde predominan los suelos litosoles, regosoles, xerosoles y rendzinas de textura media; el clima es de tipo seco desértico con temperatura media anual de 20 a 22 °C y una precipitación anual de 300 a 400 mm. El rango altitudinal donde se localiza el sotol, se ubica entre los 1400 y 1900 msnm, el tipo de vegetación es el matorral desértico (Rivera, 1987).

### **2.7 REPRODUCCIÓN**

La forma de reproducción del género *Dasyliirion* puede ser sexual o asexual (vegetativa).

1. La reproducción asexual se lleva a cabo a partir de alguna parte vegetativa de la planta como yemas axilares, tallos, hojas y raíz.
2. La forma de reproducción sexual es por medio de la diseminación de semillas, la cual solo germina si se encuentra en condiciones adecuadas y si los inhibidores químicos que la constituyen se han eliminado.

### **2.8 LA SEMILLA**

Una semilla se define como el óvulo desarrollado y maduro después de su fecundación. Las partes esenciales que la forman son el embrión y los tejidos de protección. En algunas semillas

en embrión se encuentra rodeado por una estructura llamada endospermo (Hartmann y Kester, 1975).

Hartmann y Kester (1999) definen a la semilla como un óvulo maduro, formado por el embrión, su reserva alimenticia y sus cubiertas protectoras. Este término es designado comúnmente para designar a los óvulos de frutos secos, indehiscentes, de una semilla, como cariósides, aquenios y nueces. Botánicamente, la semilla es el óvulo maduro encerrado dentro del ovario maduro o fruto, la cual está compuesta de tres partes básicas; el embrión, el endospermo y cotiledones llamados tejidos de reserva o almacenamiento y la testa o cubierta de las semillas.

Desde el punto de vista agronómico y comercial, se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas 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 de tejido nutricional y protegido por el episperma (Moreno, 1996).

Potts (1977) menciona tres funciones fundamentales de la semilla: 1) es portadora de las características genéticas inherentes de generación en generación esencialmente sin cambio alguno, 2) la semilla funciona como un sistema eficaz de almacenaje para una planta y 3) cierra el sistema de la reproducción de especies.

Cuando las semillas son recién cosechadas el contenido de humedad es bajo, el metabolismo se encuentra en un nivel reducido y no ocurre actividad aparente de crecimiento. En estado seco, las semillas se pueden almacenar por largos periodos a temperaturas bajas y usarse para propagación.

Las semillas algunas veces se dividen en tres clases, de acuerdo con su viabilidad bajo las mejores condiciones posibles, pueden ser: a) microbióticas (de 3 años, o menos de vida), b) mesobiótica (de 3 a 15 años) o c) macrobióticas (mas de 15 años), (USDA, 1984).

### **2.8.1. ESTRUCTURA DE LAS SEMILLAS**

Las semillas son unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores, procedentes del desarrollo de los óvulos de sus flores. Están compuestas de uno o varios embriones, reservas nutritivas y una o varias capas protectoras originadas a partir de los tegumentos del óvulo, del ovario, de los tejidos de otras partes de la flor e inflorescencia.

Una semilla esta formada por un embrión y su provisión almacenada de alimento, rodeada por cubiertas protectoras. Cuando la semilla se separa de la planta madre, su metabolismo se encuentra en un nivel muy bajo y no hay en ella señales aparentes de actividad de crecimiento. El embrión es una planta en miniatura, la cual se desarrolla de la unión del gameto masculino con el femenino durante el proceso de la fecundación. Su estructura consiste en un eje corto provisto de una o mas hojas seminales llamadas cotiledones que presentan doble función; en algunas plantas sirve como órganos de almacenamiento de nutrientes y por lo tanto son gruesos y carnosos, mientras que en otras, los cotiledones son largos y delgados, sirviendo

como órganos de síntesis de nutrientes (Niembro, 1979). El hipocótilo tiene geotropismo negativo y la radícula lo tiene positivo. Los tres grandes componentes de las sustancias acumuladas en las semillas son los hidratos de carbono (almidón), las proteínas, los lípidos y minerales (Bernier, 1989).

La semilla es el óvulo maduro y fertilizado, que esta formada por una cubierta o testa que protege las partes internas, el endospermo o tejido de reservas del alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión. En algunas semillas como las leguminosas el endospermo esta mal representado y la reserva de energía en forma de alimento es almacenada en los cotiledones y que funciona como lugar de almacenamiento de reservas alimenticias. También conocidas como hojas cotiledonarias o embrionarias; y el embrión o planta en estado rudimentario, que se origina del desarrollo del óvulo fecundado (Villarreal, 1993).

Durante la germinación de la semilla el metabolismo celular se incrementa, el embrión reanuda su crecimiento activo, las cubiertas de la semilla se rompen y emerge la plántula, en la fertilización se pasa información genética al nuevo embrión por medio del ADN contenido en los cromosomas. Durante el desarrollo de la plántula los genes se vuelven activos o permanecen inactivos de acuerdo con un programa codificado y predeterminado. Los genes activados efectúan síntesis de proteínas hasta que son desactivados en un punto posterior del desarrollo (Hartmann y Kester 1975).

### **2.8.2 Calidad de la semilla**

Moreno (1996) menciona que los parámetros más importantes que determinan la calidad de las semillas son la pureza física, la calidad genética, poder germinativo, el vigor, la latencia, la homogeneidad del lote, el estado fitosanitario y el contenido de humedad.

Se considera a una semilla de buena calidad cuando tiene la capacidad de germinar bajo condiciones convenientes. Con la edad las semillas pierden la facultad y mas rápidamente cuando su conservación no es adecuada. Es conveniente que las semillas sean de la última cosecha, o al menos que no estén a punto de perder su facultad de germinar como consecuencia de su edad (Cuisance, 1988). Sin embargo, la semilla no tiene el máximo poder germinativo al madurar el fruto, sino algo después, posteriormente lo va perdiendo hasta llegar a cero (Pidi, 1981).

### **2.8.3 Deterioro de la semilla**

El deterioro en semillas es un proceso inevitable e irreversible que involucra cambios que causan la reducción de la semilla, luego que esta ha alcanzado su nivel máximo y termina con la perdida completa de su viabilidad. El deterioro es mínimo en la etapa de madurez fisiológica y la tasa de deterioro depende de la especie, variedades, híbridos, lotes de semilla de una misma especie e inclusive varía dentro de semillas individuales de un mismo lote (Mendoza, 1985).

Algunas de las manifestaciones del deterioro de semillas son: cambios en el color, disminución de la tolerancia a condiciones desfavorables de almacenamiento, reducido

crecimiento de plántulas, disminución de la capacidad germinativa e incluso de plantas anormales. Aun bajo condiciones de almacenamiento en donde las semillas están libres del ataque de otros organismos, la viabilidad declina a la larga asta que la semilla muere(Duffus y Slaughter, 1985).

## **2.8. LATENCIA DE SEMILLAS**

Algunos autores han usado diferentes palabras que consideran como sinónimo de latencia. Pollock y Vivian (1986), usan los términos obstaculizadas, bloqueadas, en reposo y en condiciones inactivas, para dar a entender que la semilla se encuentra en latencia.

Asi mismo, Jiménez (1984), usa la palabra letargo y dormancia como sinónimo de latencia; mientras que Hartmann *et al* (1990), hacen diferenciación, aclarando que el término letargo involucra aspectos menos restringidos que latencia; como la falta de crecimiento de cualquier parte de la planta, resultante de factores inducidos interna o externamente. La semilla en este caso, puede absorber agua y tener condiciones favorables, pero no germinar. Menciona también que la latencia se restringe a condiciones internas de la semilla que impiden la germinación.

Sin embargo, algunos autores (Villiers, 1975; Copeland y McDonald, 1985; Delouche, 1964; Tran y Cavanagh, 1984 y Germond 1978) coinciden en definir la latencia de la semilla, como la no-germinación de semillas viables, cuando se encuentran en un medio natural o artificial que proporciona condiciones favorables de luz, humedad, aire y temperatura.

Amen (1963) considera la latencia como una forma de cese de crecimiento y ha restringido el término a una suspensión temporal del crecimiento acompañada de una reducción de la actividad metabólica relativamente independiente de las condiciones ambientales.

Evenari (1965), define la latencia como un estado en el cual una semilla viable disminuye su germinación bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y oxígeno para el crecimiento vegetativo.

Comé (1981), define a la latencia como la incapacidad de la semilla para germinar bajo condiciones normales de inhibición, temperatura y oxigenación.

Cuando una semilla se le dan condiciones de humedad, oxígeno, luz y temperatura favorables para su germinación y no inicia dicho proceso es debido a la presencia de latencia o pérdida de viabilidad (Copeland, 1976).

La AOSA (1975) presenta la diferencia entre las semillas duras y semillas con latencia. Las semillas duras incluyen aquellas que no absorben humedad debido a que tienen una cubierta impermeable y las semillas con latencia son aquellas que no llegan a germinar aunque el embrión esté vivo y absorban humedad.

La latencia se debe en parte, a sustancias inhibidoras que se desarrollan durante la maduración en el campo y la cantidad de inhibidor producido parece estar influido por las condiciones ambientales. En tiempo seco y cálido, se produce relativamente poca cantidad de sustancias inhibidoras y con su desaparición se alcanza pronto la postmaduración (Thomson, 1979).

La latencia y la germinación entre las muchas respuestas de crecimiento que quizá son controladas por el balance entre promotores e inhibidores del crecimiento. Tal balance parece inclinarse a favor de las sustancias inhibidoras durante la maduración de las semillas, lo cual da condiciones de reposo (Weaver, 1990).

USDA (1984), define a la latencia como una condición que impide la germinación, aun cuando la luz, la humedad, la aireación y la temperatura sean satisfactorios, además de que la latencia puede ser una característica hereditaria o inducida durante la extracción y almacenamiento de las semillas.

Hartmann y Kester (1999) presentan la clasificación propuesta por Nikolaeva basada en su principalmente en causas fisiológicas:

### 1) **Latencia exógena**

Las causas de latencia debido a las cubiertas del embrión las divide a su vez en tres tipos:

- a) *Latencia física*. Este tipo de latencia es característica de un gran número de especies de plantas en las que la testa y secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión esta quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que conserva a la semilla con un bajo contenido de humedad durante varios años, aun con temperaturas altas (leguminosas).
- b) *Latencia mecánica*. La semilla de algunas especies poseen cubiertas demasiado duras que no permiten que el embrión se expanda durante la germinación. Una vez que el agua ha sido absorbida por la semilla, la fuerza expansiva de la germinación rompe la cubierta y desgarrar cualquier parte externa. En la mayoría de los casos este factor se combina con otros tipos de latencia para inhibir la germinación, por lo que raramente la cubierta dura de la semilla es la única causa de la latencia.
- c) *Latencia química*. Los frutos carnosos o jugosos y en las cubiertas de las semillas existen sustancias que inhiben la germinación. Los inhibidores endógenos químicos de la germinación son una causa común de latencia de la semilla. Alguna de las sustancias asociadas con la inhibición de la germinación pueden persistir hasta el período de la germinación, pudiendo ser fenoles, cumarina y ácido abscísico (citrícos).

### 2) **Latencia endógena**

- a) *Embriones rudimentarios*. Son aquellas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endospermo, en la época de maduración del fruto. En el endospermo existen también inhibidores químicos de la germinación que se acumulan activos con las altas temperaturas.
- b) *Embriones no desarrollados*. Al tiempo de la madurez del fruto, algunas semillas tienen embriones poco desarrollados con forma de torpedos que puedan alcanzar un

tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

### 3) **Latencia interna**

La latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. En este tipo se encuentran implicados dos fenómenos: el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas y un letargo presente en el embrión.

- a) *Fisiológica*. En la mayoría de las especies de la zona templada la germinación es inhibida por un mecanismo fisiológico inhibitorio que tiende a desaparecer con almacenamiento en seco.
- b) *Interno intermedio*. Este tipo de latencia es inducido principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante.
- c) *Letargo del embrión*. Es la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad, se caracteriza por que para germinar requiere de un período de enfriamiento en húmedo.

## 2.9.1 METODOS PARA ROMPER LA LATENCIA

Algunos autores como Maguirre (1976); Jiménez (1984); Copeland y McDonald (1985); e ISTA (1985), han descrito tratamientos para vencer la latencia y estimular la germinación.

1. **La escarificación mecánica:** es usada en semillas duras o impermeables. Y consiste en refregar, dañar o frotar las semillas con superficies abrasivas, como lija, piedra, carbonato de silicio o pueden golpear con un martillo. Con el objeto de facilitar la entrada de agua y el intercambio gaseoso.
2. **La escarificación química:** se usa para el tratamiento con semillas duras. Generalmente se usa ácido sulfúrico. Las semillas se remojan en una solución concentración por periodos de tiempo, que varía para cada especie. **La escarificación con agua caliente o a temperatura ambiente:** es también una de las técnicas más ampliamente usadas; consiste en sumergir la semilla en agua durante cierto tiempo, para acelerar el proceso de inhibición o mejorar las características de la cubierta. El tratamiento a base de agua oxigenada favorece la germinación estimulando tanto la capacidad como la energía germinativa.

El uso de hormonas y oros compuestos, como el ácido giberélico, ácido abscísico, citocininas, etileno, nitrato de potasio, hipoclorito de sodio y cloroformo, puedan promover también la germinación.

## 2.8. GERMINACIÓN

La germinación consiste en la reanudación del crecimiento del embrión, el cual ha permanecido en estado latente durante un determinado tiempo. Dicho proceso se hace aparente cuando la radícula ha roto los tejidos de protección y la nueva planta ha comenzado a crecer y a desarrollarse (Moreno, 1996).

La semilla muerta o en proceso de muerte se caracteriza, por una declinación gradual del vigor y en áreas localizadas de la cubierta pueden aparecer necrosis o lesiones, pero la diferencia entre una semilla viva y una muerta no siempre puede ser percibida. La viabilidad puede expresarse como el porcentaje de germinación, que indica el número de plantas producidas por un número dado de semillas. La germinación rápida, el vigor de las semillas y de las plántulas, son atributos importantes de calidad. La baja germinación puede deberse a las propiedades genéticas de los cultivares, desarrollo incompleto en la planta, daños durante la cosecha, procesamiento inadecuado, almacenamiento impropio, enfermedades y envejecimiento. Por lo general, la pérdida de viabilidad va precedida por un período de declinación del vigor (Heydeker, Abdul – Baki, McDonald y Delouche citados por Hartmann y Kester, 1999).

El objetivo de las pruebas de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Además estas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie (Moreno, 1996).

**Ecología de la germinación.** El suelo es el entorno al que habitualmente llegan las semillas al final de su dispersión. En el suelo sobreviven, perecen o germinan las semillas, sometidas a condiciones que dependen fuertemente del clima; las características de este entorno y varían mucho según las distintas zonas geográficas (Bernier, 1989).

Las semillas enterradas en el suelo o sobre él, se encuentran sometidas a una serie de factores ambientales que, a la larga, determinan su germinación, su supervivencia en letargo o su muerte. Estos factores son de dos tipos: abióticos y bióticos. Los factores abióticos son humedad, temperatura, gases y luz, a los que puede añadirse la presencia de sustancias tóxicas. Los factores bióticos son los microorganismos del suelo y las sustancias estimuladas, tóxicas o inhibitoras de origen biológico (Bernier, 1989).

**Fisiología de la germinación.** La germinación comienza cuando, en la semilla aletargada o en reposo, se activa la maquinaria bioquímica conservada y se desencadena los procesos metabólicos. La terminación de la germinación coincide con la iniciación de la actividad fotosintética, lo que altera totalmente el metabolismo de la plántula nacida de la semilla (Bernier, 1989).

Cuando las semillas están secas o aletargadas e hidratadas, la iniciación de la germinación comienza con la ruptura del letargo y los acontecimientos suceden luego. El metabolismo es la primera fase de inicio de la germinación, los procesos metabólicos del eje embrionario hidratado tienen lugar a expensas de las reservas almacenadas en el propio eje embrionario, activándose para ello las enzimas y hormonas conservadas. Gran parte de la actividad metabólica inicial está destinada a la reparación de membranas y orgánulos, posteriormente el alargamiento de la radícula (Bernier, 1989).

Las enzimas presentes en semillas secas son las polimerasas, sintetasa, peroxidasas, deshidrogenasas, etc. Estas se encuentran especialmente en los ejes embrionarios y comienzan a funcionar inmediatamente después de la hidratación (Bernier, 1989).

Las principales hormonas que intervienen en los procesos fisiológicos que tienen lugar en las semillas en germinación son giberelinas, citocininas, abscisinas y auxinas; el etileno también ejerce un efecto hormonal importante (Bernier, 1989).

### **2.10.1 CONCEPTO DE GERMINACIÓN**

Amen (1977), define a la germinación como el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla, junto con la emergencia de la radícula (raíz) y plúmula (tallo), conducentes a la producción de una plántula.

La germinación es una serie de procesos consecutivos que causa que una semilla quiescente y con un bajo contenido de agua, muestre un incremento en su actividad general metabólica e inicie la formación de una plántula proveniente del embrión; al estar en condiciones favorables de humedad y temperatura. En la mayoría de las semillas es la radícula, por lo que la germinación es frecuentemente evaluada por la emergencia de la radícula (Mayer y Mayber, 1982).

Según Ruíz *et al* (1962) la germinación termina en el momento en que la planta nueva provista de clorofila y de los órganos necesarios, es autosuficiente.

El ISTA (1985) afirma que para trabajos de ensayos de semillas, la germinación es la emergencia y desarrollo a partir del embrión; de aquellas estructuras esenciales que son indicadoras de la habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

Robles (1987) menciona que la germinación es el crecimiento y continuación del desarrollo del embrión, hasta el momento de romper sus envolturas (pericarpio o testa) para que la radícula y el talluelo o gémula broten y salgan. Debe diferenciarse la germinación de la emergencia en las semillas; la primera, es la brotación de la radícula y de la plúmula; la segunda es la salida del talluelo sobre el suelo después de la siembra.

La germinación de semillas simplemente es la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla, y la reanudación del crecimiento del embrión, cuando la semilla encuentra condiciones favorables de humedad, temperatura, oxígeno y luz que desencadenan una serie de eventos que llevan a la activación del embrión el cual sigue su desarrollo a una pequeña plántula (Copeland y McDonald, 1985).

El proceso de germinación marca el inicio de una nueva generación y puede ser definido como la serie de eventos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que permiten a la nueva planta se establezca y complete su ciclo de vida. En la literatura se encuentran diferentes definiciones para el mismo fenómeno biológico. Desde el punto de vista morfológico, la germinación se

define como la transformación de un embrión en una plántula; fisiológicamente puede ser definida como la reactivación del crecimiento del embrión, el cual fue suspendido durante la desecación de la semilla; bioquímicamente, la germinación es la diferenciación secuencial de las vías metabólicas tanto oxidativas como sintéticas (Bernal,1981).

### **2.10.2 Requerimientos o condiciones para la germinación**

Pollock y Toole (1962), citado por Reyes (1993) y Hartmann y Kester (1999) mencionan que la iniciación de la germinación requiere que cumplan tres condiciones:

1. La semilla debe ser viable; el embrión debe estar vivo y tener capacidad de germinación.
2. La semilla no debe estar en latencia ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas, físicas y químicas que induzcan latencia e inhiban la germinación.
3. la semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales adecuadas apropiadas para que germine (agua, temperatura, oxígeno y luz).

#### **2.10.2.1 Requerimientos o condiciones intrínsecas para la germinación**

Las intrínsecas, se refieren a aquellas propias de las semillas, siendo las principales:

##### **a) Que la semilla se encuentre constituida normalmente**

las sustancias almacenadas en el endospermo o en los cotiledones sirven como alimento al embrión durante su germinación y en ocasiones es insuficiente la proporción en la que se encuentra. Esto puede distinguirse por características externas como tamaño anormal, arrugamiento, deformaciones o pérdida de peso. Son

consideradas como anormales aquellas plantas dañadas, deformes o desbalanceadas y podridas (Ruíz *et. al.* 1962).

También hay semillas ingerminables o anormales y son aquellas que no germinan después del ensayo de germinación; cuando han sido tratadas bajo condiciones favorables de temperatura, luz y humedad. Estas se clasifican en semillas duras, semillas frescas y semillas muertas.

**b) Semilla madura**

Cuando la semilla no se encuentra completamente madura el embrión tampoco lo está; generalmente la madurez se alcanza a su punto máximo de peso seco; está es cuando se tiene la máxima capacidad germinativa.

**c) Ausencia de latencia**

La semilla debe haber perdido todo tipo de latencia que pudiera presentar al momento de su recolección.

### **2.10.2.2 Condiciones extrínsecas que se requieren para la germinación**

Las condiciones extrínsecas son las condiciones del medio ambiente en el cual van a germinar las semillas. Oranday (1973) y Ruíz *et al* (1962), considera cuatro factores:

**Aire**

El aire es el agente productor de oxígeno, es indispensable durante toda la vida del embrión.

La respiración del embrión se hace más intensa en el momento que inicia la germinación y se requiere gran cantidad de oxígeno, el cual es necesario para las oxidaciones de las sustancias orgánicas que son la fuente de energía durante la germinación del embrión.

### **Humedad**

Hidrata el protoplasma de las células, permite la disolución de las sustancias de reserva y las transporta hacia el embrión. Además de reblandecer, hinchar y romper la cubierta de la semilla, lo que permite la salida de las estructuras del embrión durante la germinación.

### **Temperatura**

Según la clase de especie que se trate tiene una temperatura para su germinación, existiendo una máxima, una mínima y una óptima para cada una de estas.

### **Luz**

La acción que tiene la luz sobre la germinación es variable, algunas germinan en la luz y otras lo hacen mejor en la oscuridad.

Otros factores que afectan la germinación son: especie, variedad, madurez de la semilla.

## **2.10.3 EVENTOS DURANTE LA GERMINACIÓN**

El proceso de germinación incluye: imbibición del agua, activación de enzimática, iniciación del crecimiento del embrión, ruptura de la cubierta de la semilla y emergencia de la planta (USDA, 1984).

La imbibición del agua, es el primer evento que ocurre durante la germinación y se refiere a la absorción del agua por la semilla y el grado de absorción depende de la composición química de la semilla, ya que el componente principal responsable de la imbibición son las proteínas. Otras moléculas que incrementan la imbibición son la celulosa y las pectinas (USDA, 1984).

Copeland (1976), afirma que la mayoría de las semillas sigue el mismo patrón de la germinación en la que se realizan una secuencia específica de eventos principales que son:

a) **Imbibición**

Consiste en la absorción de agua por la semilla, la composición de la semilla, la permeabilidad de la cubierta y la disponibilidad de agua son los principales factores que influyen en la extensión de la imbibición.

b) **Activación de enzimas**

La activación de enzimas empieza rápidamente al inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla (Bewley y Black, 1978). Esta resulta en parte de la reactivación de las enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo del embrión y en parte de la síntesis de las nuevas enzimas al comenzar la germinación.

c) **Digestión y traslocación de reservas**

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo o en el gametofito femenino (en el caso de las coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos, estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son traslocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

**d) Crecimiento del embrión**

El desarrollo de la plántula resulta de la división celular continua en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento es indispensable de la iniciación de la elongación celular. Una vez que comienza el crecimiento en el eje embrionario, se incrementa el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento (Berlyn, 1972).

**e) Emergencia de la radícula**

La emergencia de la radícula es lo que indica que el proceso de germinación está completo y puede estar terminado a través de la elongación o división celular.

**f) Establecimiento de la plántula**

Las plantas se mantienen a sí mismas cuando pueden abastecerse de agua y fotosintetizar, inicialmente se somete a un estado de transición durante el cual produce algún alimento propio, dependiendo en forma parcial de los tejidos de almacenamiento. Así como las plántulas se van estableciendo firmemente en el suelo, se abastecen de agua, y elaboran su propio alimento, volviéndose independientes.

## 2.8. IMPORTANCIA DEL REMOJO EN AGUA

Las semillas que presentan cubiertas duras pueden germinar más rápidamente después de ser remojadas durante más de 24-48 horas en agua, dependiendo de la especie. La prueba de germinación se puede realizar inmediatamente después de haber terminado el remojo. La entrada del agua a la semilla es importante para que ocurra el primer evento durante la germinación que es la inhibición. La cantidad de agua que entra a la semilla es influenciada por la naturaleza de la cubierta de la semilla (ISTA, 1985).

La permeabilidad en la semilla es mayor en la región micropilar, donde no existe cubierta de la semilla de forma ordinaria, pero hay ciertas especies que tienen tejidos especiales alrededor de estas aberturas naturales que evitan la entrada de agua y contribuyen a la latencia por cubierta dura de la semilla.

La presencia de taninos, lípidos y sustancias pécticas en la cubierta de la semilla contribuyen a su impermeabilidad al agua (Copeland, 1976).

Rayzer (1984), menciona que en ocasiones algunas semillas están aún incluidas en la pulpa del fruto que las contenía. Al ser esta generalmente azucarada, favorece extraordinariamente el enmohecimiento o la putrefacción de las jóvenes plántulas, por lo que conviene remojarlas y limpiarlas. Algunas semillas están protegidas por una cáscara muy dura. Estas semillas no germinan hasta pasadas semanas, a veces algunos meses, para evitar inconveniente basta con ponerlas a remojar durante algunas horas.

La habilidad para inhibir agua depende del potencial de la célula y depende de tres factores: las fuerzas mátricas de la pared celular, la concentración osmótica celular y la presión de turgencia de las células.

### **2.11.1 Importancia de la humedad de la semilla**

La humedad de las semillas es el factor mas importante en su conservación, ya que favorece el desarrollo de insectos y hongos y tiene efectos sobre los procesos fisiológicos de las semillas, de los que dependen su pérdida de vigor y viabilidad (Moreno, 1996).

El agua contenida en las semillas se ha clasificado en tres categorías:

- 1.- Agua de absorción, que se encuentra en los espacios intragranulares y en los poros del tejido vegetal, mantenida por fuerzas capilares.
- 2.- Agua de adsorción, que se encuentra ligada al material por atracción molecular.
- 3.- El agua de composición, que está químicamente unida a los elementos constitutivos de las semillas.

## **2.12 SANIDAD DE SEMILLAS**

Se refiere a la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades: hongos, bacterias, virus y plagas de animales, gusanos e insectos, pero también pueden estar involucradas condiciones fisiológicas, tales como deficiencias de microelementos (Moreno, 1996).

### **2.12.1 HONGOS EN SEMILLAS**

El método ideal para el combate de las enfermedades es el de la resistencia genética. Lamentablemente no han sido desarrollados cultivares resistentes en cada especie para la diversidad de patógenos acarreados en las semillas. Por esta razón, el hombre ha tenido que llevar a delante métodos de combate adecuados a cada situación dentro del ciclo de producción; entre ellos, el tratamiento químico de las semillas, que consiste en la aplicación de funguicidas, procurando la mejor cobertura y la mayor persistencia sobre las semillas, con el fin de eliminar, inhibir y reducir la presencia o acción de patógenos.

Por lo tanto el objetivo del tratamiento de las semillas con funguicidas es el de proteger su germinación, vigor y sanidad de la acción de los hongos que son acarreados.

La transmisión puede ser sistémica o no sistémica. La sistémica proviene tanto de infecciones embrionales como de no embrionales, es decir, que en algunas enfermedades el hongo está dentro o fuera de las semillas. La transmisión no sistémica implica que el hongo no se desarrolla internamente a través de los tejidos de las plantas, sino que lo hacen por fuera, causando lesiones a tallos, hojas, flores y frutos (Moreno, 1996).

## **2.13 LECHUGUILLA**

*(Agave lechuguilla)*

La lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), característica del desierto Chihuahuense, es la especie mas pequeña que pertenece al género *Agave*. La lechuguilla es una planta pequeña, de 30 centímetros de largo y muy tolerante a la sequía y almacena el agua. Crece en cuevas rocosas de la piedra caliza, a menudo en la asociación con las hierbas del desierto. Las plantas acumulan los alimentos durante muchos años durante el crecimiento, entonces producen un vástago floreciente alto que alcance 2-3 metros de altura. Todos los alimentos de la planta se consumen en este proceso (<http://www.slp.forestal/fichas/Lechuguilla>, 2004).



**Nombre científico:** *Agave lechuguilla*

**Familia:** *Agavaceae*

**Nombre común:** Lechuguilla

### 2.13.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

#### (Características Taxonómicas)

La lechuguilla es una planta arbustiva, perenne, acaule, (no presenta tallo visible), tiene el aspecto de un equieño maguey, pertenece a la familia Agavaceae; está formada por un verticilo del cual nacen de 25 a 35 hojas carnosas, gruesas, las cuales alcanzan una longitud de 20 a 50 cm de acuerdo a la región. **Raíces:** son largas, fibrosas y delgadas. **Hojas:** nacen del centro del tronco, dan el aspecto de una corona o roseta, son lanceoladas, encorvadas hacia el centro de la planta; estas terminan en una punta bastante dura y aguda, de color moreno, sus bordes están protegidos por una serie de espinas ganchudas de color gris o café vueltas hacia la base de la hoja; la longitud de las hojas es de 20 a 50 cm y de 4 a 6 cm de ancho. **Cogollo:** conjunto de hojas de la cual se obtiene la fibra de mejor calidad. **Flores:** florece solo una vez,

a partir de un escapo floral (tallo grueso) al que denominan quiote o garrocha el cual llega a alcanzar alturas de 3 a 5 metros de altura, con inflorescencia terminal, las flores son tubulares de color verde amarillo con matiz rojizo, son producidas de dos en dos y son protegidas por vigorosas bracteadas. **Fruto:** es una cápsula café o negra que crece de 1.5 a 2.5 de longitud por 1.2 a 1.5 cm de diámetro; oblonga a menudo cilíndrica a obtuso triangular, con tres cámaras. los frutos son tricarpales donde contiene una gran cantidad de semillas aplanadas y de color negro. **Semillas:** son numerosas, planas y brillantes y aunque son viables la planta se reproduce de manera asexual. Requiere de 10 a 15 años para alcanzar su madurez, fructifica y muere. Esta planta se reproduce por semilla, pero más frecuentemente por hijuelos producidos por sus cortos rizomas ([http://www.cnca.gob.mx/cnca/nuevo/diarias/270999/erpm\\_dgo.html](http://www.cnca.gob.mx/cnca/nuevo/diarias/270999/erpm_dgo.html)).



**Principio Tóxico:**

El principio tóxico más importante que posee la lechuguilla es una saponina denominada “smilagenina”, la cual es la causante de la mayoría de las muertes del ganado que la ingiere. También contiene sustancias desconocidas que provocan fotosensibilización.

La lechuguilla es una planta nociva para toda clase de ganado, pero principalmente para caprinos y ovinos.

### **2.13.2 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT**

Esta planta es endémica del desierto Chihuahuense. La lechuguilla prospera en suelos de ladera de origen aluvial, profundos, pedregosos y aun en fisuras entre rocas, bien drenadas el Matorral crasirusulifolio espinoso del cual la lechuguilla forma parte, se encuentra cubriendo lomeríos y serranías calizas, en suelos con textura arenosa o areno-arcillosa. Las precipitaciones son de 150 a 400 mm anuales, con una temperatura media anual de 19 a 25 °C y esta se produce a una altitud comprendida entre los 500 a 2500 msnm. La lechuguilla crece en forma silvestre en las regiones áridas y semiáridas de México y los Estados Unidos. Su aprovechamiento se remonta a cuando las tribus nómadas de Aridoamerica —entre otros chichimecas y guachichiles—, confeccionaban prendas, canastos, redes y petates con fibra de maguey y lechuguilla, material localizado y con una antigüedad superior a los diez mil años. (<http://www.2004.unionganaderanl.org.mx/revista/G%20%20Plantas%20Toxicas/016%20Lechuguilla.doc>).

Durante la Colonia se utilizó con fines domésticos, dada la escasa población de la zona ixtlera, aunque a partir de este siglo y bajo el sistema hacendario, la instalación de "tallanderías" hizo

que una numerosa población campesina se trasladase al norte del país, principalmente Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas y San Luis Potosí.

De la lechuguilla se obtiene una fibra dura de calidad para la elaboración de cuerdas, costales y estropajos; el guishe —residuo de las hojas sin fibra— se utilizó como detergente, mientras que el amole —cuello de la raíz— sirvió de base para la preparación de un líquido espumoso para el aseo de lana y pelo.

La lechuguilla contiene vitamina C y xilitol, una especie de edulcorante más "poderoso" de la sacarosa, no digerible, aunque se ha autorizado su uso en ciertos casos de diabetes; el guishe, mezclado con agua, tiene fines insecticidas y actualmente se estudia para la extracción de cera.

#### **Usos principales:**

El ixtle posee diferentes usos, principalmente la obtención de fibras y en la construcción.

Está regulado su aprovechamiento por las Normas Oficiales Mexicanas: **NOM-008-RECNAT-1996** (para ixtles y cogollos).

Las plantas crecen a menudo en los grupos grandes, Florece a partir de abril a agosto. La Floración de lechuguilla es solamente una vez, después de que la planta haya almacenado bastantes alimentos, que pueden tomar hasta 30 años. La planta muere normalmente después de producir el tallo de la floración.

#### **Aplicaciones por la especie humana:**

La planta de lechuguilla todavía se utiliza hoy en México para su fibra, que ella hace en cuerda. Los americanos nativos también utilizaron la fibra para la ropa y comieron el tallo de

la flor. No solamente los seres humanos utilizan los tallos de la floración como alimento; los ciervos lo comen a veces mientras que es joven. La raíz (amole) se ha utilizado para el jabón, debido a la alta concentración de saponinas.

### **Características del sitio**

La lechuguilla se restringe al desierto Chihuahuense . Se encuentra lo más comúnmente en suelos rocosos, piedra caliza. Ocurre de vez en cuando en los substratos ígneos y arenosos, pero en estos suelos, las poblaciones son mucho menos densas.

## **2.14 EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN**

En la mayoría de las semillas germinan en un lapso de tiempo corto, aunque hay algunas excepciones, por lo general las semillas viejas tomarán más tiempo en germinar, las jóvenes germinan mas rápido (Álvarez, 1986).

La germinación se mide a través de dos parámetros, el porcentaje y la velocidad de germinación. La velocidad de germinación puede medirse por varios métodos, el número de días requeridos para lograr un porcentaje de germinación se puede determinar, así como se puede calcular el número de días requeridos para que emerja la plúmula o radícula como sigue:

$$\text{Número medio de días} = \frac{N_1 T_1 - N_2 T_2 \dots \dots \dots - N_x T_x}{\text{Número total de semillas germinadas}}$$

Los valores de N son el número de semillas que germinaron dentro de los intervalos de tiempo consecutivos; los valores de T indican el tiempo transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo determinado de medición.

Las causas de que las plantas sean anormales pueden ser varias las más serias son tal vez aquellas causadas por lesiones mecánicas a las semillas, la infestación de insectos, pudrición de partes de la plántula ocasionada por ciertos organismos patógenos, lesiones por diversas sustancias químicas y daños por heladas. Las lesiones mecánicas en cualquier tipo de rotura de la semilla generalmente es ocasionada por operaciones de trilla, limpieza o procesos de escarificación (USDA, 1984).

## **III MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 Ubicación del experimento**

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Ecofisiología Vegetal, del Departamento de Botánica ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, durante el semestre Enero – Junio del 2004.

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se localiza entre las coordenadas geográficas a 25°22” latitud Norte y 101°00” longitud Oeste y su altitud es de 1742 msnm, a 7 Km. de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

### **3.2 Material en estudio**

Para el presente trabajo se utilizaron semillas de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.), el cual se colectó en el Cañón de San Lorenzo, municipio de Saltillo, coahuila, en el mes de julio del 2003.

### **3.3 Materiales**

Los materiales utilizados en el presente trabajo de investigación fueron: semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.), cajas petri, papel filtro, pinzas, cámara germinadora a 28°C, agua destilada y pipeta.

Los tratamientos aplicados a la semilla, fue una extracción alcohólica de lechuguilla seca y raíz de lechuguilla a diferentes concentraciones:

<b>Tratamientos</b>	<b>Concentraciones del extracto</b>
1	Raíz .05 mg
2	Lechuguilla seca .1 mg
3	Raíz .1 mg
4	Raíz .01 mg
5	Lechuguilla seca .01 mg
6	Lechuguilla seca .05 mg
7	Testigo (agua destilada)

### **3.4 Trabajo de laboratorio**

El trabajo de laboratorio se inicio el 12 de Enero del 2004. Primeramente fueron seleccionadas y contadas las semillas a utilizar. Posteriormente a 35 cajas se colocaron 50 semillas por cada caja sobre papel filtro, las cuales se sometieron a un pretratamiento en 3 ml de agua de la llave con Captán diluido durante un día (24 horas) luego se dispersaron las semillas dentro de cada caja dejándolas sobre una mesa a temperatura ambiente.

Al día siguiente, 13 de Enero del 2004 se elimino el excedente de agua de las cajas, después de esto, las semillas se sembraron en las cajas humedecidas y se aplicó a cada caja 1.5 ml de el tratamiento correspondiente, dando un total de 7 tratamientos con 5 repeticiones. Además se etiquetaron las cajas con la información necesaria para identificarlas.

Después de aplicar los tratamientos las cajas se pusieron en una cámara de germinación a una temperatura controlada de 28°C.

Se regó con agua destilada todos los días, procurando no saturar el papel filtro con demasiada humedad; de tal manera que no se formara una película de agua alrededor de la semilla, para que esta tenga contacto con el aire. Las pruebas de germinación se revisaron periódicamente para asegurar una humedad adecuada.

Se volvió aplicar el fungicida Captán en los casos en que se detectó infección de hongos, a una concentración de 7 gr en 1 litro de agua, en la zona de infección.

Además se contaron todas las semillas germinadas, tomando en cuenta como tal a todas aquellas que mostraron la aparición de la radícula, desde el día de la siembra, 13 de Enero del 2004 hasta los 20 días después. Las evaluaciones se hicieron cada tercer día, la última se hizo el 2 de Febrero del 2004.

**Las Variables evaluadas son:**

Capacidad de germinación (%)

Para evaluar esta variable, se consideró la suma total de las semillas que germinaron, durante los 20 días después de la siembra.

Índice de velocidad de germinación (IVG)

Para determinar el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de las semillas sembradas se utilizaron los datos obtenidos de las evaluaciones realizadas cada tercer día, del número de

plantas germinadas durante los 20 días después de la siembra. Una semilla se considera germinada cuando aparece por primera vez la radícula que rompe la testa. Utilizando la siguiente fórmula (Maguirre, 1992):

$$\text{Índice de Velocidad de Germinación (IVG)} = \sum NP / D + NP / D + NP / D$$

Donde:

IVG = Índice de Velocidad de Germinación

NP = numero de plantas germinadas.

D = días después de la siembra.

### **3.5 Análisis Estadístico**

Con la finalidad de determinar estadísticamente la diferencia entre tratamientos, se realizó un análisis de varianza, con un diseño completamente al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. Pero para saber cual es el mejor tratamiento se corrió una Comparación de Medias mediante la prueba de Tukey. La unidad experimental considerada en la presente investigación fue una caja petri con 50 semillas cada una, dando un total de 35 cajas y 1,750 semillas.

La unidad experimental con la que se trabajó de acuerdo con el diseño puede ser representada por el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable observada

$\mu$  = Media general

$\delta_i$  = Efecto de tratamientos

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

$i$  = 1, 2, 3.....7 tratamientos

$j$  = 1, 2, 3.....5 repeticiones

Se realizaron comparaciones de medias de los tratamientos, con el fin de agrupar las medias de los tratamientos estadísticamente iguales mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de .01.

Los datos fueron procesados en el Paquete Estadísticos de Diseños Experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994).

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

### Capacidad de germinación(%)

Con los datos obtenidos de las evaluaciones realizadas cada tercer día asta los 20 días después de la siembra de cada uno de los tratamientos, se realizó el análisis de varianza, obteniéndose los resultados del Cuadro No 1, donde se puede apreciar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. Y para determinar cual fue el mejor tratamiento se efectuó una comparación de medias.

**Cuadro No.1** Análisis de varianza del efecto del extracto de raíz de lechuguilla y lechuguilla seca a diferentes concentraciones sobre el rompimiento de latencia de las semillas de sotol (*Dasylicion cedrosanum* Trel.) a los 20 días después de la siembra para la variable Capacidad de germinación (%).

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F
TRATAMIENTOS	6	451.886719	75.314453	1.4580	0.228
ERROR	28	1446.398438	51.657085		
TOTAL	34	1898.285156			

C.V. = 16.66 %

El coeficiente de variación (C.V.) es el que determina la confiabilidad de los datos obtenidos del Análisis de varianza.

Con las medias generales de los tratamientos obtenidas y el cuadrado medio del error se realizó la comparación de medias, mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.01 obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro No. 2. en dicho cuadro se puede observar que los 7 tratamientos son iguales pero numéricamente son diferentes, el tratamiento 1 (raíz de lechuguilla a 0.05 mg) con un promedio de 96.8% de germinación es mejor que el tratamiento 4 (raíz de lechuguilla a 0.01 mg) con 96.4% de semillas germinadas y ambos son superiores a los tratamientos 7 (Testigo) 87.6%, tratamiento 6 (Lechuguilla seca a 0.05 mg) 84%, tratamiento 2 (Lechuguilla seca a 0.1 mg) 81.2% y el tratamiento 5 (Lechuguilla seca a 0.01 mg) con 81.2% de germinación. El tratamiento que tuvo menor número de plantas germinadas es el tratamiento 3 (Raíz de lechuguilla a 0.1 mg) con un promedio de 76.8% de germinación.

**Cuadro No. 2.** Comparación de medias para la variable Capacidad de Germinación, de las semillas de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) mediante la prueba de Tukey con 0.01 de significancia.

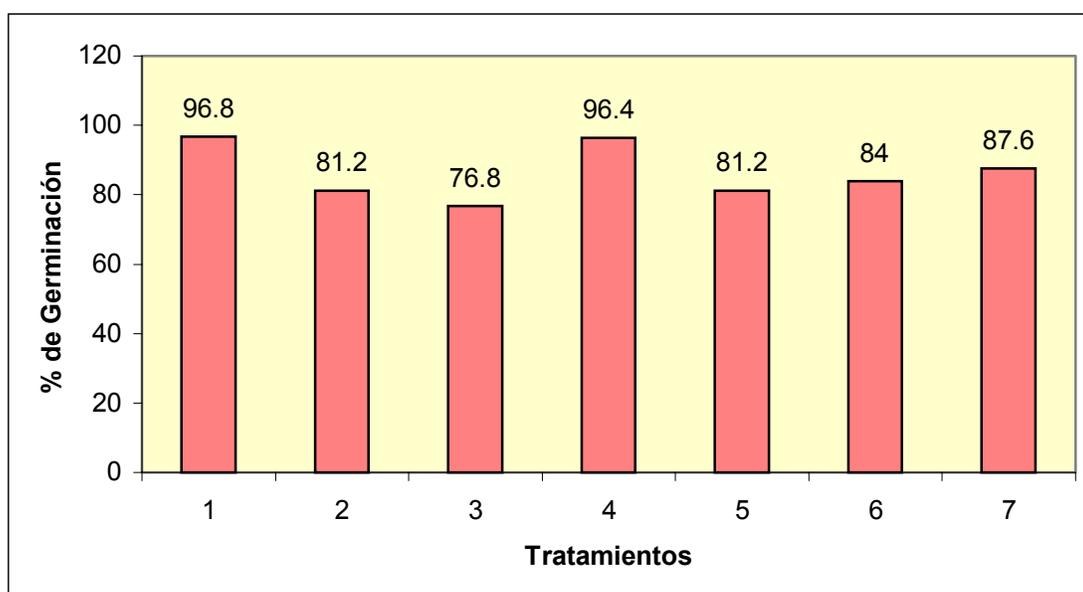
Número	TRATAMIENTO	MEDIA	% Germinación
1	(Raíz de lechuguilla a 0.05 mg)	48.4000 A	96.8%
4	(Raíz de lechuguilla a 0.01 mg)	48.2000 A	96.4%
7	(Agua, Testigo)	43.8000 A	87.6%
6	(Lechuguilla seca a 0.05 mg)	42.0000 A	84%
2	(Lechuguilla seca a 0.1 mg)	40.6000 A	81.2%
5	(Lechuguilla seca a 0.01 mg)	40.6000 A	81.2%
3	(Raíz de lechuguilla a 0.1 mg)	38.4000 A	76.8%

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

TUKEY = 17.5070

VALORES DE TABLAS:  $q(0.01) = 5.45$

Con los porcentajes de germinación de semillas, de los diferentes tratamientos, se construyó la figura 1 donde se puede observar la respuesta a las concentraciones del extracto de lechuguilla.



**Figura 1.** Porcentaje de germinación de semillas de Sotol a los 20 días después de la siembra en diferentes tratamientos.

Numéricamente el porcentaje de germinación fue mayor en el tratamiento 1 (Raíz de lechuguilla a 0.05 mg) con el 96.8%, después de sigue el tratamiento 4 (Raíz de lechuguilla a 0.01 mg) con un 96.4% de germinación, ambos tratamientos no presentan problemas de contaminación por hongos y además se produjeron plántulas con raíces grandes y sanas, mientras que en el tratamiento 7 (Testigo) se tuvo una respuesta de 87.6% de germinación, con

problemas de hongos y plántulas muertas por exceso de humedad. El tratamiento con menor respuesta de germinación fue el tratamiento 3 con un 76.8%, debido a que presentó contaminación por hongos y pudrición de semillas.

### Índice de Velocidad de germinación (IVG)

Con los resultados de germinación a los 20 días de haber colocado en la estufa germinadora las cajas petri que contenían las semillas tratadas, se calculó el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) con la fórmula descrita anteriormente y se realizó el análisis de varianza como se observa en el cuadro No. 3. Dando como resultado una diferencia no significativa

Con los promedios de los Índices de Velocidad de Germinación, se llevó a cabo una comparación de medias Cuadro No.4, se observa que los IVG no son iguales, pero numéricamente son diferentes como se observa en la figura 3. El tratamiento 1 tiene un mejor IVG de 12.1%, le sigue el tratamiento 4 con un 12.05% del IVG y el tratamiento 3 con un menor IVG de 9.6% como se observa en el Cuadro No. 3 y en la figura 2.

**Cuadro No. 3.** Análisis de varianza para la variable Índice de Velocidad de germinación de semillas de sotol *Dasyllirion cedrosanum* Trel.

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F
TRATAMIENTOS	6	1.129715	0.188286	1.4580	0.228
ERROR	28	3.616013	0.129143		
TOTAL	34	4.745728			

C.V. = 16.66 %

El coeficiente de variación (C.V.) es el que determina la confiabilidad de los datos obtenidos del Análisis de varianza.

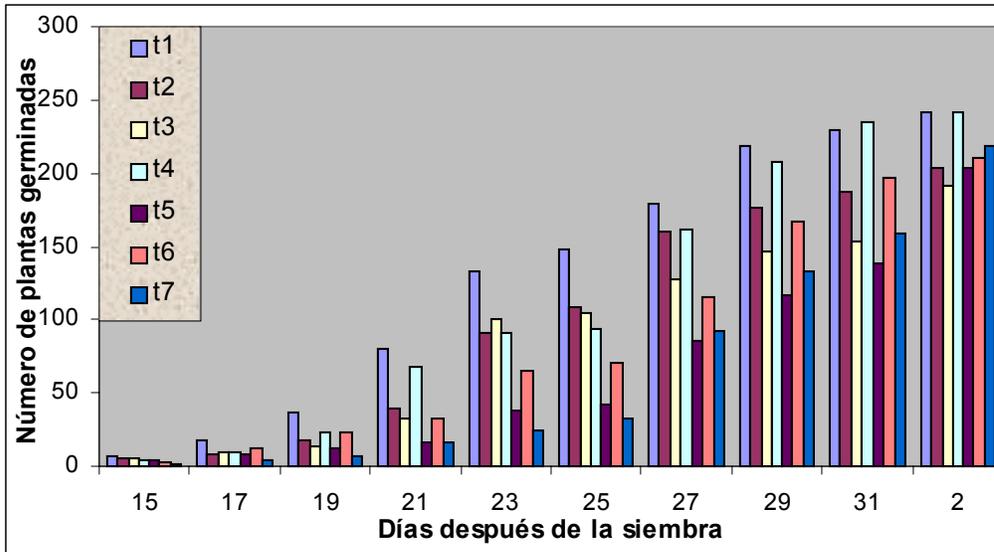
**Cuadro No. 4.** Comparación de medias para la variable Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de las semillas de sotol mediante la prueba de Tukey con .01 nivel de significancia.

Número	TRATAMIENTO	MEDIA	% IVG
1	(Raíz de lechuguilla a 0.05 mg)	2.4200 A	12.1
4	(Raíz de lechuguilla a 0.01 mg)	2.4100 A	10.15
7	(Agua, Testigo)	2.1900 A	9.6
6	(Lechuguilla seca a 0.05 mg)	2.1000 A	12.05
2	(Lechuguilla seca a 0.1 mg)	2.0300 A	10.15
5	(Lechuguilla seca a 0.01 mg)	2.0300 A	10.5
3	(Raíz de lechuguilla a 0.1 mg)	1.9200 A	10.95

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01

TUKEY = 0.8753

VALORES DE TABLAS:  $q(0.01) = 5.45$

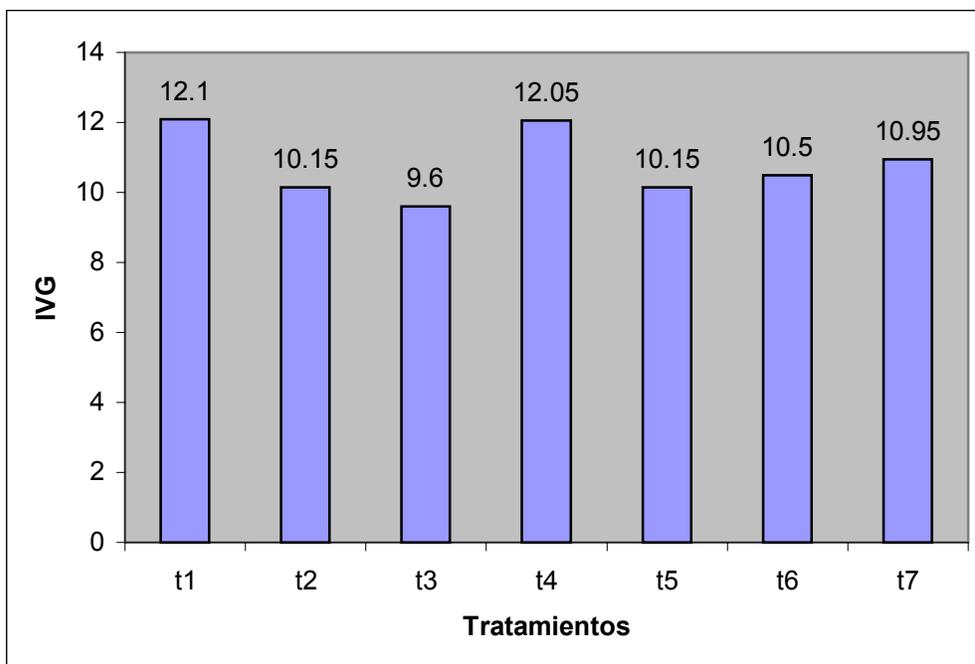


**figura 2** . Efecto de las diferentes concentraciones de extracto de raíz de lechuguilla y lechuguilla seca, en el número de plantas germinadas de semillas de sotol.

En los primeros días de observación las semillas germinaron más rápidamente en el tratamiento 1, pero a medida que iba transcurriendo el tiempo, el numero de semillas germinadas se hacia mas lento, mientras que las semillas establecidas en el tratamiento 4 tardaron más tiempo en germinar, pero una vez que esto ocurrió, el brote de la plántula era más rápido y de menor tamaño, alcanzando el número de plantas germinadas del tratamiento 1 en la ultima evaluación. en cambio el tratamiento 7 tuvo una germinación mas lenta durante las evaluaciones y plántulas con tamaño muy pequeño.

Gracias a la acción de los grupos funcionales de las sustancias orgánicas, se incrementa la velocidad de germinación al actuar directamente en la multiplicación celular, debido a la aceleración en la actividad enzimática que se encarga del desdoblamiento de las sustancias de reserva en las semillas, aumentan la longitud de la plúmula al acelerar el proceso de

respiración, lo que redundará en la intensificación del metabolismo e induce la proliferación de raíz, al acelerar el proceso de respiración, aumenta la permeabilidad celular y estimulación hormonal, las cuales incrementan la longitud de la plúmula debido a que las moléculas de las sustancias orgánicas proporcionan electrones y oxígeno a las células vegetales.



**Figura 3.** Índice de Velocidad de Germinación de semillas de Sotol a los 20 días después de la siembra en diferentes tratamientos.

## V CONCLUSIONES

De acuerdo con la información proporcionada por el análisis de varianza y la comparación de medias de los resultados obtenidos del trabajo realizado en laboratorio, se puede concluir lo siguiente:

1. Los tratamientos raíz de lechuguilla a una concentración de 0.05 mg y 0.01 mg presentaron una germinación de 96.8% y 96.4% respectivamente, a los 20 días después de la siembra, donde no hubo diferencia significativa pero sí diferencia numérica entre tratamientos. Obteniendo los mayores índices de velocidad de germinación (IVG) de 12.1% y 12.05% donde las semillas germinaron más rápido. En tanto que el tratamiento 3 tuvo el índice de velocidad de germinación más bajo con un 9.6% con un porcentaje de germinación de 76.8%.
2. En cambio, en los tratamientos de hoja de lechuguilla se tuvieron resultados más bajos, debido a que se contaminaron por hongos y hubo pudrición de semillas a causa del exceso de humedad.
3. Debido que las plantas del desierto con posibilidades de ser industrializadas como la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) de la que se extrae su fibra, quedan desechos y tienen cantidades apreciables de saponinas, es de gran importancia seguir trabajando con otras concentraciones para ver de que manera pueden obtenerse mejores resultados de germinación, para semillas de Sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) y con esto garantizar la producción de plantas para futuros programas de reforestación y conservación de la especie en el desierto Chihuahuense.

## VI LITERATURA CITADA

- Acosta S., M. 1959. Propagación vegetativa de leñosas y forestales. La hacienda.
- Álvarez, G. 1986. Efecto de tres fitorreguladores y escarificación en la germinación de seis especies de Cactáceas del Noreste de México. UAAAN. Pp 85.
- Amen, R. D. 1963. The concept of seed dormancy. *American Scientist* 51: 408-424.
- Association Official of Seed Analysis (AOSA). 1975. Rules for testing seed. *Journal of Seed Technology*. 3(3): 12-26.
- Berlyn, G. 1984. *Cactus en flor*. Editorial Daimon. México. D.F. 184 pp
- Bernal L., I. 1981. Aspectos bioquímicos de la germinación y el deterioro. Departamento de Bioquímica Vegetal. Facultad de Química. UNAM. México. D.F. 16 p.
- Bernier, R. F. 1989. *Semillas, Biología y Tecnología*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Bewley, D.J. and Black. 1978. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*. Vol. I, Development, germination and growth. Berlin: Springer – Verlag.
- Bogler, D.J. 1994. Taxonomy and phylogeny of *Dasylirion* (Nolinaceae) Ph. D. Dissertation.

University of Texas at Austin, Texas at Austin, Texas, USA. 583 pp.

Calderón, G. E. R. 2004. Rompimiento de latencia en semillas de sotol  
(*Dasyliirion cedrosanum* Trel) mediante escarificación física y química. Tesis de  
Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Castellanos M., E. y G., J. Vergara. 1983. El sotol. Agricultura de Zonas Áridas. Chapingo,  
México.

Comé, D. 1981. Problems of embryonal dormancy as exemplified by apple embryo.  
Israel Journ. Bot 29: 145-157.

Copeland, L.O. 1976. Principles of seed Science and Technology. Editorial Burgess  
Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. USA. 369 pp.

Copeland, I.O and McDonald, M. B. 1985. Prinpiies of seed Science and Technology.  
Second Ed. Edición. Editorial Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota.  
USA.

Cronquist A. 1981. An Integrated system of flowering plant. USA. The New York Botanical  
Garden. EUA.

Cuisance, P. 1988. La multiplicación de las plantas y el vivero. Editorial Mundi-Prensa,  
Madrid, España. pp.25.

Dahlgren, R.M; H.T. Clifford, and P.F Yeo. 1985. The families of monocotyledons. Springer Verlag Berlin. 520 pp.

Delouche, J.C. 1964. Latencia de semillas. Seed Technology. Laboratory Mississippi State University. Mississippi State, Mississippi. USA.

Duffus, C. y C. Slaughther. 1985. Las semillas y sus usos. Editorial AGT. México.

Dzib, C. M. E. 2003. Rompimiento de latencia en semillas de sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) utilizando algunos métodos de físicos y químicos. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Evenari, M. 1965. Light and seed Dormancy. In Encyclopedic of Plant Physiology. Ruhland, W. (ed). Berlin. Springer. Vol. 15/2. pp. 805-97.

García S. A. 1952. Comparación del sotol y la alfalfa en la alimentación de vacas lecheras. Tesis profesional. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.

García, G. J. 1979. El sotol. Seminario Preparado en el curso de Zonas Áridas Chapingo. México.

Germond, H. 1978. Physiological aspects of seed germination. Seed Sc. And Tech. Vol. 6. p: 625– 639. The Netherlands.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1975. Propagación de plantas. Editorial C.E.C. S.A.  
México. 693 pp.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de plantas. Principios y prácticas.  
(Trad.) Marino, A. A. Compañía Editorial Continental. México. Tercera impresión.  
pp 136-150.

Hartmann, H. T., D. E. Kester. and F. T. Davies. 1990. Plant Propagation. Principles and  
Practices Fifth. Ed. Prentice, N. J. USA.

<http://www.cnca.gob.mx/cnca/nuevo/diarias/270999/erpmdgo.html>.2004.

<http://148.233.168.204/slp/forestal/fichas/lechuguilla.shtml>.2004.

<http://www.unionganaderanl.org.mx/revista/G%20%20Plantas%20Toxicas/016%20Lechuguilla.doc>.2004.

International Seed Testing Association (ISTA). 1985. Rules for seed testing Technology;  
seed Sci &Tech. pp. 13, 299, 355

Jiménez, M. A. 1984. Análisis de la calidad de la semilla de especies forrajeras tropicales.  
Universidad Autónoma de Chapingo. Depto. de Zootecnia. México. p. 13.

- 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.
- Maguirre, J. D. 1976. Seed Dormancy Advances in Research and Technology of Seed. Dept. Agronomy and Soils Washington State University. U.S.A. pp 56.
- Marroquín S, J. G. Borja, C. R. Velázquez y C. J. A. de la Cruz. 1981. Estudios Ecológicos Dasonómicos de las Zonas Áridas del Norte de México.
- Mayer, A.M. and A. Poljakoff-Mayber. 1982. The Germination of Seeds. 4<sup>a</sup> ed. Pergamon press Ltd. New York. Pp. 192 .
- Mendoza O. A. 1985. Causas y Consecuencias de la determinación de las semillas. Curso } sobre calidad de semillas y control de enfermedades transmitidas por semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Calis, Colombia.
- Molina G., J. D. 1983. Recursos Agrícolas de zonas Áridas y semiáridas de México. Ed. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Moreno, M. E. 1996. El análisis físico y biológico de la semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. México D.F. pp. 106.
- Niembro, R.A. 1979. Semillas Forestales. Departamento de Bosques. UACH. Chapingo.

México.

Olivares S, E. 1994. Paquete de diseños experimentales Facultad de la Universidad Autónoma de Nuevo León. FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.

Oranday, P. J. 1973. Influencias de Algunas Presiones Osmóticas en la Germinación de alguna especie. Tesis. UAAAN Saltillo, Coahuila. México.

Palma E. J. I. 2000. Bases para la propagación de sotol (*Dasyliirion* spp) vías in Vitro y por semilla. Tesis profesional de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestal. Universidad Autónoma de Chihuahua. Cd. Delicias, Chih., México.

Pollock, B. M. And Vivian. 1986. Post maduración, periodo de reposo y latencia en semillas. Centro Regional de ayuda técnica. Agencia para el desarrollo regional. Compañía Editorial Continental S.A. de C. V. P. 201-213. U.S.A.

Potts, H. E. 1977. Semillas, desarrollo, estructura y función. Curso sobre Producción de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali. Colombia.

Pidi, N. 1981. Handbook of vigour test methods. The Internacional Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. pp. 82.

Rayzer, G. 1984. Cactus en flor. Editoria Daimon. México, D.F. 184 pp.

- Reyes, R., P. M. 1993. Latencia de semillas: Mecanismos de control y métodos de rompimiento. Monografía inédita.
- Rivera, Q. J. R. 1987. Aprovechamiento de candelilla, orégano y sotol en la Comarca Lagunera. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ruíz, O., M.; D. Nieto y R. Larios. 1962. Tratado elemental de Botánica. Editorial Cient. Latino Americana Larios. México. 730 pp.
- Ruíz O. M., R. D. Nieto y I. Larios R. 1983. Tratado elemental de Botánica. Ed. E.C.L.A.L.S.A. Porrúa. México, D. F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2001. [Gob.mx/pfnm3/fichas/Dasyilirion cedrosanum.htn](http://Gob.mx/pfnm3/fichas/Dasyilirion_cedrosanum.htn).
- Tran, V. N. and A. K. Cavanagh. 1984. Structural aspects of dormancy in: Seed Physiology. Vol. 2. David R. Murray (editor). Academic press New South Wales. P 1-75.
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la Tecnología de Semillas. Editorial ACRIBA Zaragoza, España pp. 301.
- United States Department of agriculture (USDA). 1965. Semillas. Manual para el análisis de su Calidad. Editorial Herrera, S.A. México.

United States Department of Agriculture (USDA). 1984. Semillas. Anuario de Agricultura. Editorial Continental S.A de C.V. México D.F. 9ª reimpresión. pp 366.

Velásquez, Q. J. A. 1983. El sotol. Agricultura de Zonas Áridas. Chapingo, México.

Villarreal, Q. J. A. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. Editorial Trillas. Segunda edición. Pp 48- 49.

Villarreal, Q. J. A. 2001. Flora de Coahuila. listado Florístico de México XXIII. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.

Villiers, T. A. 1975. Dormancy and the survival of plants. The Institute of Biology. Núm. 57. pp. 1-68. Printed in Great Britain by Butler and Tamner Ltd, Rome and London. The Institute of Biology. Núm. 57. pp. 1-68.

Weaver, J. R. 1990. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas, México D.F. 622pp.

Zarate, L. A. 2003. Inventario de las poblaciones y su condición del sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) en el sur de Coahuila. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Secretaría de Fomento Agropecuario, Gobierno del Estado de Coahuila.