

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA



“MONOGRAFIA DEL SOTOL *Dasyilirion spp*”

POR:

PEDRO ORNELAS IBAÑEZ

MONOGRAFIA

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
Ingeniero Forestal**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2004

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

“MONOGRAFIA DEL SOTOL *Dasyliirium spp*”

Por:

PEDRO ORNELAS IBÀÑEZ

MONOGRAFIA

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

Ingeniero Forestal

**Ing. José Antonio Ramírez Díaz
Presidente del Jurado**

Sinodales

M.C. José Armando Nàjera Castro

Ing. José Luis Nava Mejìa

Ing. Sergio Brahan Sabag

Coordinador de la División de Agronomía

M. C. Arnoldo Oyervidez Garcia

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2004

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y rejuvenecer mis fuerzas cuando me siento desfallecer y puedo decir, hasta aquí me ha ayudado.

A mis padres:

Alicia Ibáñez Quezada
Pedro Ornelas Rodríguez

Que han enseñado que con la Responsabilidad,
Honradez y Dedicación se puede salir adelante.....Gracias.

A mis Hermanos:

Lourdes, Ulises, Eric Yovani, Francisco Alejandro, Alfredo.

Por todo su apoyo incondicional y por formar
parte de algo que es muy importante en una
Familia.....LA UNION FAMILIAR.

A mis Cuñados (as):

Francisco y Erica.....por la gran felicidad que le han dado
a mis hermanos (a).

A mis sobrinos:

Angel Yair, Aris Getzamani, Ulises Fidel.....Por que sean
una esperanza en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme y hacer llegar al término de mi carrera y realizar el presente trabajo.

A la UAAAN y al Departamento Forestal por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

A mi asesor principal Ing. J. Antonio Ramírez Díaz. Por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación bajo su asesoría, por su amistad brindada; además de las revisiones y sus valiosas sugerencias para la integración del documento.

Al M.C. José Armando Nájera Castro. Por la revisión del presente trabajo y sus valiosas aportaciones sobre la redacción del mismo.

Al Ing. José Luis Nava Mejía. Por su disponibilidad para integrarse al equipo de trabajo y, la revisión del documento.

A Maria Salazar, Ana Rosa, Sonia, Julia Paola y Esthela por ayudarme en la toma de datos y en especial a Nancy Castro.

A los Ingenieros del Departamento Forestal por su enseñanza compartida para la formación de nuestras carreras, en especial al Ing. J. Antonio Ramírez Díaz, por su amistad como maestro y amigo.

Al Centro de Educación y Capacitación Forestal No.1 “Dr. Manuel Martínez Solórzano” de Uruapan Michoacán. Por contribuir a mi formación durante el nivel medio superior de mi carrera.

A mis compañeros de casa, Eliseo, Heladio y Juan Carlos por compartir tantas cosas juntos y brindarme su apoyo.

A todos mis compañeros de la Gen. XCVI de la carrera de Ing. Forestal.

A mis grandes amigos que en las buenas y en las malas, Roberto M, Eliseo, Jil C. Valentín, J.Luis, Juan, Nayeli, Rafael, Gil L, J.Inès, Julieta.

Al ing. Juan Mendoza Montejo y a todas las personas que hayan contribuido en la elaboración del presente trabajo.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE CUADROS	iv
INTRODUCCION	1
Objetivo	3
Antecedentes	3
ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	5
Origen.....	5
Distribución Geográfica.....	6
Condiciones climáticas.....	7
TAXONOMIA	9
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>)	10
Generalidades.....	10
ESPECIES Y DISTRIBUCIÓN DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>) EN MÉXICO	12
Principales especies de sotol existentes en México.....	14
Principales especies de sotol en Coahuila.....	20
INVENTARIO DE POBLACIONES DE SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>)	22
Diseño de muestreo.....	23
Variables.....	24
Resultados generales.....	25
Resultado espacial por ruta.....	26
Asistencia Técnica Organizativa.....	29
PRODUCCIÓN DE PLANTAS DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>)	30
Tipos de reproducción.....	30
La semilla y su estructura.....	31
Calidad de la semilla.....	33
Deterioro de la semilla.....	35
TIPOS DE LATENCIA EN SEMILLAS	36
Latencia exógena.....	39

Latencia endógena.....	39
Latencia interna.....	40
Latencia combinada morfofisiologica.....	41
Latencia combinada Exógena-Endógena.....	41
GERMINACIÓN.....	42
Hongos presentes en las semillas.....	46
Daños causados por hongos.....	47
Daños causados por bacterias.....	48
Tratamientos para romper la latencia.....	48
IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>).....	55
Clasificación del producto.....	55
Productos tradicionales.....	56
Productos no tradicionales.....	56
CLASIFICACIÓN COMERCIAL EN BASE A SU USO.....	57
Usos actuales.....	59
Usos industriales.....	59
Usos ornamentales.....	60
Usos artesanales.....	60
Usos forrajeros.....	60
Producción de fibra.....	61
Composición química.....	61
APROVECHAMIENTO DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>).....	61
Normas que rigen el aprovechamiento del sotol (<i>Dasyilirion spp</i>).....	62
DESTILACIÓN DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>)	63
Primer paso (recolección y traslado).....	63
Segundo paso (cocimiento).....	64
Tercer paso (desmenuzado y reposo).....	65
Cuarto paso (proceso de fermentación	65
Quinto paso (proceso de destilación).....	66
COMERCIALIZACIÓN DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>).....	67
DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL SOTOL (<i>Dasyilirion spp</i>).....	69
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	70
LITERATURA CITADA.....	71

INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Taxonomía de <i>Dasyilirion cedrosanum</i>	9

INDICE DE FIGURAS

Número	Página
3. Tipos de Clima del Estado de Coahuila.....	8
1. Planta de sotol (<i>Dasyilirion</i> spp).....	9
2. Fisiografía del Estado de Coahuila.....	21
5. Diagrama de operaciones para la obtención artesanal de sotol (<i>Dasyilirion</i> spp).....	69

INTRODUCCION

En México, las zonas áridas y semiáridas ocupan más del 60% del área total; siendo aproximadamente 1,450.000 km² donde las condiciones climáticas y ecológicas naturales permiten únicamente el desarrollo de ciertas especies vegetales. (Rivera, 1987).

Por lo que a pesar de no disponer de tierra para cultivo en condiciones apropiadas existen cantidades considerables de Recursos Naturales Renovables que con un adecuado aprovechamiento se traducirán en importantes economías para los habitantes de esas regiones. Tradicionalmente una gran parte de estos pobladores, se han dedicado al aprovechamiento de la lechuguilla (*Agave lecheguilla*), candelilla (*Euphorbia antispyllitica*) y sotol (*Dasyliirion spp*) para la obtención de ixtle, ceras y bebidas respectivamente.

Los forrajes naturales más usados en el estado de Coahuila son el maguey, el nopal y el sotol típicos de las regiones áridas del estado y que cada vez se vienen usando más en la ganadería extensiva a medida que se acentúa la escasez de Forraje y Pastos Naturales. Estos tres forrajes naturales constituyen, por su bajo costo de adquisición, un medio eficaz para ayudar a la alimentación del ganado vacuno.

Es lógico suponer que cuando la explotación de los recursos es intensa, su población disminuye, como ha sucedido con el maguey en lugares donde se han

establecido “vinatas”, las cuales después de algunos años, han sido abandonadas, y lo mismo ha sucedido con el sotol.

La producción de sotol es una actividad que se debe conservar ya que proporciona mano de obra a los campesinos, les proporciona dividendos por la renta de sus predios, y sobre todo, en estas regiones donde las percepciones son mínimas, permite al poseedor del recurso completar sus ingresos provenientes de actividades agrícolas, pecuarias y/o forestales.

Debido a que no se respeta el tamaño de “piña”¹ ideal, para el corte, los turnos de corte se llevan a cabo aproximadamente cada 5 años, señalando además que en ocasiones y debido a los requerimientos de materia prima, arrasan con las plantas, razón por la cual esas áreas difícilmente se recuperan o definitivamente ya no lo hacen, teniendo que trasladarse a grandes distancias para la obtención de materia prima.

La explotación arrasante del recurso sin existir ninguna normatividad que regule su aprovechamiento y exija la conservación del recurso mediante un buen manejo del mismo, y reforestación con la misma especie en los sitios aprovechados originan la degradación del área de distribución disminuyendo grandemente su potencial productivo, en deterioro de las familias campesinas dependientes del recurso.

Debido al potencial e importancia del sotol, se elaboró la siguiente monografía con las características que se mencionan a continuación.

¹ Se le llama "piña" al tronco globoso del sotol al cual se le han cortado las hojas en la base, a veces solamente dejando un penacho en la parte superior.

Objetivo

El objetivo principal del presente trabajo es efectuar la recopilación mas amplia posible de la información existente hasta la fecha acerca del sotol (*Dasyilirion spp*) principalmente en sus aspectos taxonómicos, ecológicos, estado del arte en su utilización, importancia económica y perspectiva futura.

Antecedentes

El género *Dasyilirion* es originario del estado de Arizona, Estados Unidos. Su uso por el hombre data desde los tiempos precolombinos. Los nativos de Arizona, usaban los corazones de las plantas obteniendo un alimento similar al que se obtiene del maguey y además una bebida conocida como sotol. Los habitantes de las cuevas de los ríos Bravo y Pecos y en el área de la cultura Lipan, lo cocinaban en pozos con piedras calientes, a manera de tatemala; del centro ya cocido, hacían una harina para preparar panecillos o tortas ([SEMARNAT, 2001](#))

Los Mezcaleros y los Chiricahuas utilizaban el sotol en la misma forma que a la planta del maguey, comiendo las partes más tiernas. Los Apaches comían los

tallos tiernos de las flores. En el Río Bravo y el Río Pecos los nativos usaban las hojas para hacer sandalias y canastas, al igual que los Tarahumaras ([SEMARNAT, 2001](#)).

Se utilizó ampliamente para la alimentación del ganado, debido a su alto porcentaje de carbohidratos, proteínas y fibras. (Castellano y Vergara, 1983).

Dentro del Folcklore del corrido popular mexicano prerrevolucionario de principios del siglo pasado, destaca por su belleza, originalidad e ingenio el “Corrido de Chihuahua” en letra de Pedro de Lille y música de Felipe Bermejo (1902 ò 1903) que en el tercero de sus versos dice así:

“lindas las noches de lunas animadas con sotol, que por alla por la junta me paseaba con mi amor ¡Que bonito es Chihuahua! (Ramírez, 2004).

ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Origen

Dasyllirion significa lirio grueso y suculento. El nombre fue usado en botánica primeramente por Zuccarini (1838) en una publicación alemana. Casi todos los sotoles conocidos en Europa, inmediatamente después de su primera descripción, provenían de una colección hecha en Real del Monte, Hidalgo, por Reppert (Trelease, 1911). Una descripción hecha en Inglaterra en 1858 (Curtis) de *Dasyllirion acrotichum*, menciona también a esta planta como originaria de Real del Monte y mandada a los Jardines Reales de Londres por Mr. Reppert (sic). Se nota gran asombro en las palabras de este autor que conocía a esta planta por primera vez, y menciona como la inflorescencia de una planta hembra creció tanto que fue necesario cambiarla a un invernadero más alto. Dice este autor que todas las especies conocidas hasta entonces (6) eran originarias de México, y que en las montañas de donde son originarias, deben formar junto con los cactus, una característica formidable del paisaje.

La descripción más completa de las especies de sotol es la de Trelease (1911). Sin embargo, en ese tiempo el género *Dasyilirion* era considerado como perteneciente a la familia Nolinaceae. Actualmente Nolinae es considerada como un género de la familia de las Liliaceas, estando también dentro de este genero todas las especies de yuccas y sotoles. (Benson y Darrow, 1944).

Distribución geográfica

Las regiones donde el sotol crece naturalmente se encuentran entre los 1,000 a 2,200 msnm. De acuerdo a Velásquez, (1983), en México se han identificado alrededor de 16 especies, 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. Las regiones más representativas son:

- 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 municipio de Ojinaga, Madera, Ignacio Zaragoza, Casas Grandes, y Janos entre otros.
- San Luis Potosí: Norte de Guadalcazar, Sur del Rucio y Sierra de Bozal.

Para el Estado de Coahuila, Villarreal (2001) reporta cuatro especies de *Dasyliirion*:

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

Algunas especies de este 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 en los Estados Unidos (García ,1979).

Condiciones climáticas

El estado de Coahuila está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada como Desierto de Chihuahua, o Desierto del Norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semicálidos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales.

Tres son las áreas en las que puede dividirse al estado por sus climas, de un modo general: El occidente muy seco; el centro y sur, en los que se asocian

climas desde los muy secos y secos semicálidos de sus bolsones y valles hasta los semisecos templados y los templados subhúmedos de las cumbres serranas, con predominancia de climas secos y por último el noreste semiseco y seco con influencia marítima más notoria. La Meseta Central tiene un bajo contenido de humedad, de los tipos desértico y estepario, con prolongadas sequías, apto para el desarrollo de las plantas xerófilas, el clima es extremo con mucho calor en verano y heladas severas en invierno, y cuenta con grandes periodos de luz solar que demandan las especies que dominan la vegetación.

Coahuila es una entidad con terrenos fundamentalmente áridos: los climas secos que predominan sobre la mayor parte de su superficie, son un factor determinante de muchas características del medio físico y, consecuentemente de la geografía humana.

Figura No.3 Principales tipos de climas del Estado de Coahuila

FUENTE: INEGI. Carta de climas, 2000.

TAXONOMIA

La clasificación taxonómica del sotol se presenta en el cuadro 1.

Cuadro No. 1 Taxonomía de *Dasyllirion cedrosanum*.

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

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 (Ruiz, *et al.*, 1983).



Foto de A. Espejo

Figura No. 1 Planta de Sotol (*Dasyilirion spp*).

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DEL SOTOL (*Dasyilirion spp*)

Generalidades

El sotol es una planta perteneciente a la familia de las Noliaceae, las cuales se clasifican en árboles y arbustos, aunque algunas son escasamente reminiscentes de las liliaceas (Benson y Darrow, 1944). Son propias de los desiertos o de climas cercanos al tipo desértico. Su apariencia puede ser la de palmeras medianas o de hierbas con grandes inflorescencias, de sólidas y finas flores. El grupo demuestra alguna similitud con los agaves o plantas crasas, las cuales son consideradas entre las amarilidaceas. En épocas anteriores ambas familias eran consideradas bajo una sola denominación por algunos botánicos.

El género *Dasyilirion* 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). Plantas caulescentes; tronco de 1 a 1.5 m de alto; hojas de 20 mm de ancho, ascendentes, de hasta 1 m de largo, ligeramente laciniadas, glaucas, ligeramente guillado, rugosas, opacas; espinas generalmente separadas de 10 a 15 mm, y de 2 a 5 mm de largo, amarillas, haciéndose rojas hacia arriba; inflorescencia de 5 m de alto; fruto muy estrechamente elíptico, de 4-9 mm; el estilo apenas de la mitad de largo de la muesca; semillas 2 por 3.5 mm (SEMARNAT, 2001). En la flor el pericarpio es de

2 a 2.5 mm de largo; sépalos y pétalos finos, blanquecinos, los estambres más largos que el pericarpio, de filamentos delgados; frutos alados y la semilla encerrada en la parte central. (García, 1952). Las hojas son arrosetadas con espinas pequeñas y encorvadas en los bordes y una púa terminal, 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 ápice 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 ser amarilla brillante, debido a la dehiscencia del polen, lo cual permite verlas a una gran distancia. En las inflorescencias pistiladas, cuando está 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 con filamentos gravosos. 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 1m en plantas jóvenes, hasta 5 a 6 m. en la mayoría de las plantas adultas. El tamaño de la inflorescencia está relacionado con el tamaño de la corona. Los 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 de una asociación con una temporada lluviosa, o con el acumulamiento de humedad en las estaciones de lluvias, recibidas en los años anteriores.

La cantidad de plantas que florea en un año varía enormemente de un año a otro. En algunos años casi todas las plantas de sotol florecen, mientras que en otros años, unas cuantas lo hacen. Se estima que el ciclo de floración es de seis años (USDA, 1965). Las semillas de sotol son trignonas, (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.

ESPECIES Y DISTRIBUCIÓN DEL SOTOL (*Dasyilirion* spp) EN MÉXICO

En México hay una gran variedad de sotol, los investigadores han encontrado cerca de 16 especies, pero no ha terminado la búsqueda. De especies

identificadas para Coahuila, algunos investigadores establecen sólo 3, pero otros reportan hasta 7 especies, de cualquier manera, sólo 3 tienen características y propiedades para ser utilizadas en la industria del alcohol (*Dasyllirion cedrosanum*, *Dasyllirion palmeri* y *Dasyllirion leiophyllum*) Trelease, (1911). La especie *Dasyllirion cedrosanum* es la más común en el estado, sobre todo en el centro y sur; ésta especie también se puede encontrar en lugares donde crecen otras especies como *Dasyllirion durangense* en la región de la Laguna y que tiene características similares para ser utilizado en la producción de bebida alcohólica. (Zuccarini, 1838).

Para el Estado de Coahuila, las otras especies no tienen características propias para la industria del alcohol, pues son más chicas, tanto la planta, como la “piña”. Varias de ellas se desarrollan en zonas muy reducidas o muy específicas lo que las hace más riesgosas de desaparecer si tuvieran un aprovechamiento intensivo como lo requiere una producción de licor de sotol. Tales especies son: *D. texanum* que se encuentra desde Texas y llega al sur de Monclova o al norte de Ramos Arizpe en la sierra La Gavia, siendo éstos lugares los más sureños de su distribución (hasta donde llegan o existen). Otras especies como *D. berlandieri* también se encuentra en el Estado pero más restringido en los bosques de Arteaga. Finalmente dos variedades de *D. leiophyllum* var. *galucum* y var. *leiophyllum* también se encuentran en el Estado, el primero en la zona de Francisco I Madero, Ocampo y Químicas del Rey, en Sierra Mojada (En la zona de colindancia con Chihuahua) y el otro en Monclova.

La explotación de esta especie, nativa de la región norte de México, permitiría ofrecer una opción más de desarrollo económico a los habitantes de la región norte y sur del estado con la creación de empresas dedicadas a su producción y no sólo vivir de la siembra de maíz y frijol, como tradicionalmente se hace.

Principales especies de sotol existentes en México

1. *Dasyilirion cedrosanum* Trelease (1911). Tallo corto; tronco de 1 a 1.5 metros de alto; hojas de 20 mm de ancho y de más de 1 m de largo, con las puntas ligeramente apinzeladas, glaucas, con la quilla ligeramente áspera, espinas distantes 10 a 15 mm y de 2 a 5 mm de largo, amarillas, rojizas hacia la punta. Inflorescencia de 5 m de altura. Frutos elípticos y angostos, de 4 a 5 mm por 7 a 9 mm. Distribución: En Zacatecas en la región de Cedros; en Coahuila en el rancho de la Luz, Saltillo y La Angostura., a 20 kilómetros al sur de Ocampo, en el Aguaje del Pajarito en el extremo occidental de la Sierra de La Fragua; al norte del Puerto Colorado; en la región de Monclova; en el Puerto de San Lázaro; en el rancho de La Luz, en la Sierra de Paila; y en el Cañón de San Lorenzo (Johnston, 1944)

2. *Dasyilirion palmeri* Trelease (1911). Hojas de 25 mm o más de ancho, raramente de un metro de largo, terminando algo en pincel, tersas, opacas; espinas de 1.5 a 2.5 mm de distancia y de color amarillo volviéndose cafés en las puntas, margen intermedio casi liso; inflorescencia no muy alta; semilla de 2 por 3 mm. Distribución: En Coahuila, en el sureste de Saltillo y en el Cañón de San Lorenzo (Palmer, 1905).

3. *Dasyilirion lucidum* Trelease (1911). Tallo corto; tronco de 1 a 2 m de alto; hojas de 10 por 17 mm de ancho no llegando a un metro de largo, terminadas en pincel; típicamente amarillentas, lisas y brillantes; espinas distantes de 10 a 15 mm; de 2 a 3 mm de largo, amarillentas, pasando a rojo y castaño. Inflorescencia de 2 a 3 m de alto. Semillas de 2.5 a 3.5 mm. Distribución: Al sur del centro del Estado de México, en Tehuacan y Esperanza, Puebla y San Luis Tultitlanapa, Puebla (Trelease, 1911).

4. *Dasyilirion parryanum* Trelease, (1911). Lo describe así: Hojas de 10 a 15 mm de ancho, llegando raramente a 50 centímetros de largo, con puntas en pincel; blanquecinas, ásperas; espinas distantes a 5 mm y de 2 mm de largo; los márgenes muy ásperos entre ellas. Inflorescencia moderada. Fruto elíptico. Distribución: Al oriente de la parte central de México, en San Luis Potosí, cerca de esta ciudad.

5. *Dasyilirion leiophyllum* Engelman. Tallo corto; hojas lustrosas, verdes, de 15 a 20 mm de ancho, escasamente de un metro de largo; espinas generalmente distantes entre sí de 10 a 15 mm y de 3 a 4 mm de largo, amarillas y rojizas, con el margen intermedio a veces liso. Inflorescencia alta. Semillas de 2 por 3 mm (Trelease, 1911). Distribución. Al sur de Texas en la región del Río Grande; en Nuevo México; centro de Chihuahua. Ocupa lugares en común o en las orillas del área de *Dasyilirion wheeleri* (Johnston, 1944).

6. *Dasyllirion texanum* Trelease. Tallo corto o tronco enterrado. Hojas de 10 a 15 mm de ancho y de un metro de largo terminando en ligero pincel; espinas distantes de 5 a 10 mm y de 2 a 3 mm de largo. Inflorescencia de 3 a 5 metros de alto. Fruto elíptico. (Trelease, 1911). Espinas pequeñas (Johnston, 1944).

Distribución. Centro-sur de Texas. En Coahuila, en la región de Monclova, Sierra del Pino. Abundante en las laderas rocosas y secas y en las crestas a lo largo de la alta cordillera oriental de dicha sierra. Al este de La Noria y en Nuevo León (Trelease, 1911).

7. *Dasyllirion simplex* Trelease. Sin tallo. Hojas de 7 a 10 mm de ancho, escasamente de un metro de largo, muy fibrosas en la punta, verdes, lisas; espinas de 10 a 20 mm distantes entre sí, de 2 a 3 mm de largo, más o menos derechas, amarillas, con la punta café; márgenes lisos. Inflorescencia pequeña; con los estambres con una o tres pequeñas subdivisiones en cada división y pistilos simples o divididos con una corta subdivisión basal. Frutos ovoides y anchos, de 5 por 7 mm. Estilos densos, casi iguales. Semilla de 2 a 3 mm. Distribución: Norte del centro de México. En Durango, en Tepehuanes y Santiago Papatzi (Trelease, 1911).

8. *Dasyllirion glaucophyllum* Hooker. Sin tallo. Tronco de 5 metros de alto. Hojas de 12 mm de ancho y un metro de largo; enteramente lisas, glaucas; espinas distantes de 5 a 10 mm y de 2 mm de largo, amarillas, blancas o cafés. Inflorescencia de 4 a 6 metros de alto. Fruto sub-elíptico, de hasta 10 mm. Semilla de 2.5 por 4 mm. Distribución: Al este del centro de México (Trelease, 1911).

9. *Dasyilirion acrotiche* Zuccarini, (1838). Con tallo. Tronco de un metro o más de alto; hojas de 6 a 10 mm de ancho, raramente 15 mm y de un metro de largo, verdes, lisas, algunas glaucas. Espinas distantes de 5 a 15 mm escasamente de 2 mm de largo más o menos derechas, amarillentas, con las puntas color café. Inflorescencia de 3 a 5 metros o más. Los segmentos del perianto de 2 a 3 mm de largo. Fruto de 6-7 por 8-10 mm. Semillas de 3 por 3.5 mm. Distribución: En Hidalgo, en Tula, Ixmiquilpan y la Sierra de Pachuca. En Querétaro, en Cadereyta. En San Luis Potosí, en la capital (Trelease, 1911).

10. *Dasyilirion graminifolium* Zuccarini, (1838). Tallo apenas notorio y hojas de 12 mm de ancho y como de un metro de largo, verdes, lisas; espinas distantes 5 a 10 mm y de 1 metro de largo. Inflorescencia alta. Fruto ancho y elíptico, de 6-8 por 9 mm. Distribución: En los alrededores de la Ciudad de San Luis Potosí y en las Canoas (Trelease, 1911).

11. *Dasyilirion durangense* Trellease. Hojas de 20 mm de ancho y un metro de largo, glaucas, casi lisas, de color brillante; espinas distantes 5 a 10 mm y de 2 a 3 mm de largo, amarillas y con las puntas anaranjadas. Fruto ancho, cordiforme, de 7 por 9 mm. Semillas de 2 por 3 mm. Distribución: en Durango, en la capital, y en la Laguna (Trelease, 1911).

12. *Dasyilirion serratifolium* Zuccarini (1838). Tallo apenas notorio y hojas de 15 a 20 mm e inclusive de 35 mm de ancho, de un metro de largo; espinas blanquecinas, finalmente rojizas por ambos lados, ligeramente opacas, distante 5

o 10 mm y hasta 20 mm y de 2 a 3 mm de largo. Inflorescencia abundante. Fruto ovoide; semilla de 3 por 3.5 a 4 mm. Distribución: en Oaxaca, en los municipios de las Sedas y Nochistlan (Trelease, 1911).

13. *Dasyilirion wheeleri* Warson in Rortror Tallo corto y tronco escasamente de un metro de alto; hojas de 15 a 20 mm y a veces de 25 mm de ancho, escasamente de un metro de largo, glaucas, casi lisas, opacas; espinas distantes 5 a 10 mm y de 2 a 3 mm de largo, amarillas con una transición al café en la parte de arriba. Inflorescencia de 3 a 5 metros de alto. Frutos en forma de globo redondeado de 6-7 por 7-9 mm. Semillas verdes de 3 mm de largo. Espinas robustas pequeñas. En Arizona las plantas típicas son de follaje pálido; en Nuevo México, hojas verdes, claras, cubiertas de pelucilla, tallo a veces de un metro o más de largo; fruto de 7 a 9 mm de largo y 6 por 8 mm de ancho; semilla triangular.(Benson y Darrow, 1944). Distribución: Sonora, Chihuahua, Arizona (Trelease, 1911).

14. *Dasyilirion wheeleri wislizeni* Trelease. Tallo corto, hojas de 15 a 20 mm de ancho, escasamente de un metro de largo y de color verde o ligeramente glaucas, lisas y lustrosas; espinas distantes 5 a 10 mm y de 2 a 3 mm de largo, rojizas o con base amarilla y los dientes generalmente rojizos. Fruto triangular, más o menos codiforme, de 6-9 mm. semillas verdes de 3 mm de largo. Distribución: En Chihuahua, Paso del Norte (Ciudad Juárez); en Texas (El Paso) (Trelease, 1911).

15. *Dasyilirion Berlandieri* Trelease, (1911). Inflorescencia aparentemente abundante; brácteas más o menos largas, lanceoladas, terminadas en punta,

perianto segmentado, de 2 a 4 mm de largo y frutos elípticos redondos, de 7 a 10 mm. Hojas de color verde opaco, de 15 por 30 mm, con numerosas y pequeñas espinas pequeñas, relativamente débiles. Frutos de amplias alas y muesca profunda; tienden a ser más anchos que largos. (Johnston, 1944). Distribución: En Nuevo León: Cerro de la Silla, Monterrey. En Coahuila: La Angostura al sur de Saltillo. Se extiende a otras áreas sobre la Sierra Madre Oriental, por el sur de Monterrey hasta Galeana, Nuevo León.

Por lo anterior, puede apreciarse que la distribución de las distintas especies de sotol comprende una ancha faja que abarca en términos generales la parte sur-occidental de los Estados Unidos y el Norte de México, en los Estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y una porción pequeña del norte de Zacatecas, estando todas estas áreas en regiones semi-desérticas, en laderas montañosas y valles altos. Además, se encuentran estas especies en algunas regiones aisladas de otros Estados de la República.

Los sitios más productivos de sotol que se han detectado en Coahuila se localizan en las sierras de La Paila, Alamitos, Serranías del Burro, y sierras de los municipios de Ocampo y Sierra Mojada.

Además, existe una extensión bastante considerable de sotol que comprende la zona de Los Charcos de Figueroa (Municipio de Ocampo), que se extiende hacia el este y el sur hasta la Sierra Hermosa de Santa Rosa y el Puerto de Aura. De la

Hacienda de Carrizalejo, situada al norte de El Berrendo, Coahuila, se extiende otra zona de sotol, de especie distinta que continúa hasta la Presita, al oeste del Puerto del Aire.

A 25 Kilómetros al oriente de Castaños, Coahuila, costeando con la Sierra Madre Oriental, se extiende una gran área de sotol que ocupa extensos lomeríos. En algunas de estas regiones se le ha explotado en “vinatas” y es probable que se trate de la misma especie, el *Dasyilirion cedrosanum*, que se encuentra en Monclova, Coahuila. (Trelease, 1911).

Distribución de especies de sotol para el Estado de Coahuila.

En Coahuila la zona en que existen plantas de sotol comprende municipios de la región Sureste, Centro, Desierto y Laguna.

- Región Sureste: Arteaga, General Cepeda, Ramos Arizpe, Parras y Saltillo.
- Región Centro: Abasolo, Candela, Castaños, Frontera y Monclova.
- Región Desierto: Cuatro ciénegas, Sierra Mojada, Ocampo.
- Región Laguna: San Pedro, Viesca, Matamoros y Francisco I. Madero.

En el estado de Coahuila se presenta por el rancho de la Luz y la Angostura del Municipio de Saltillo, a 20 kilómetros al sur de Ocampo, en el Aguaje del

Pajarito en el extremo Occidental de la Sierra de la Fragua: al norte del Puerto Colorado, Monclova; y en el Cañón de San Lorenzo (García, 1952)



Figura No. 2 Mapa fisiográfico del Estado de Coahuila

FUENTE: INEGI. Carta Fisiográfica, 2000.

INVENTARIO DE LAS POBLACIONES DE SOTOL (*Dasyllirion spp*)

La siguiente información que se presenta es una de las más importantes dentro del proyecto Sotol (“Poblaciones y su condición: Estudio Regional del Sotol”) elaborado por investigadores del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Coahuila.

El inventario proporciona información a prestadores de servicios técnicos forestales y a tomadores de decisión en esquemas de programas de manejo, que coadyuven en un aprovechamiento sustentable de las poblaciones de sotol. Esto proporcionará seguridad en toda la cadena productiva en la elaboración del producto, y una actividad sustentable para más de 300 comunidades de los municipios de Saltillo, Ramos Arizpe, Gral. Cepeda, Castaños, Parras de la Fuente, San Pedro, Viesca y Torreón.

Derivado de este proyecto, se elaboró la Cartografía digital e impresa de las poblaciones de sotol en el área de estudio, en donde se indica la distribución de las diferentes especies y su abundancia, con la utilización de clases de densidad, especificando precisión y confiabilidad estadística; así como una memoria técnica que contenga metodología, memoria de cálculo, descripciones y fotografías de las poblaciones de sotol.

El muestreo del sotol (*Dasyllirion spp.*) realizado en el Estado de Coahuila involucró inventariar a casi la mitad del Estado, comprendiendo la Sierra de la Madera, Sierra del Carmen y Sierra de Tlahualilo en su parte más al norte y hacia el sur del Estado hasta Sierra de Jimulco, Sierra el Laurel y Sierra de Arteaga.

Para cubrir un territorio tan amplio, se empleó una estrategia que combinó el análisis en gabinete de imágenes de satélite por un lado, y por otro el levantamiento de datos de campo, que retroalimentaron los criterios de interpretación y clasificación de las imágenes. También la campaña de datos de campo recabó importante información de mediciones dasométricas que integran el inventario mismo.

Diseño de muestreo

Se establecieron 200 sitios de muestreo distribuidos completamente al azar a través del área de distribución del Matorral Rosetófilo y del Matorral Crasirrosulifolio espinoso en el centro y sur del Estado. Cada sitio a su vez está compuesto por un conglomerado de 5 estaciones, cada una de 500 m², ubicadas de manera sistemática a una distancia de 500 m con rumbos francos, de la siguiente manera:

La localización de los sitios en campo se realizó con ayuda del geoposicionador satelital (GPS). Se localizó el punto central (estación 1) a partir

de este con ayuda del GPS, se ubicaron cuatro estaciones más, una al lado Norte (estación 2) y una con rumbo al Sur (estación 3), así como una al Este (estación 4) y otra más hacia el Oeste (estación 5).

Para cubrir toda el área de muestreo, el trabajo se organizó en 5 rutas, definidas por las condiciones de accesibilidad (carreteras y caminos rurales)) a los sitios ya ubicados cartográficamente. Cada ruta a su vez consistió de 40 sitios de muestreo (con 200 estaciones de 500 m²), de esta manera se definieron 5 rutas, mismas que se distribuyeron a 5 brigadas de campo cada una con tres integrantes. En total se levantó información de 1000 parcelas de muestreo que representan en su totalidad 50 ha de superficie muestreada.

Variables

En la estación central (1) se midió la cobertura y densidad de todas las leñosas presentes, mientras que en las otras cuatro estaciones solamente se cuantificaron y midieron los individuos de sotol. Los atributos registrados son los siguientes:

Densidad. Se contabilizaron todos los individuos de sotol presentes dentro de cada una de las estaciones. Para el caso de las otras especies leñosas, únicamente se registraron en la estación central. Cuando se presentaron individuos en “mogote”, es decir dentro de una misma planta 3 o más “piñas” juntas, compartiendo una sola cobertura aérea, se registró cada “piña” por

separado como un individuo, pero anotando que procedía de ese particular hábito de crecimiento.

Diámetro. Se midió el diámetro representativo de la copa para cada planta de sotol presente dentro de cada parcela. De igual manera se registró una medición del diámetro de la “piña”, aproximadamente. El diámetro de la “piña” se midió aproximadamente en la parte media de la longitud de la línea.

Altura. Se estimó la altura media (cualitativa) de las leñosas presentes dentro del cuadrante central. Para el caso del sotol se midió la altura total de la planta, altura de copa, tallo y “piña” para cada uno de los individuos.

Biomasa (peso). En cada sitio de muestreo se realizó un muestreo dirigido, bajo el criterio de tomar todo el rango de variación en las dimensiones de los individuos, para realizar un análisis dimensional, que permitiera obtener tablas de producción, metodología que se aborda con detalle en un informe por separado. En este rubro, de los individuos seleccionados se tomaron sus dimensiones, se derribaron y pesaron. Los individuos no necesariamente procedían de las estaciones de muestreo, se utilizaron también de sitios adyacentes.

Resultados generales (Para toda el área del inventario)

Los resultados que a continuación se presentan, corresponden a la totalidad de los 200 sitios de muestreo del inventario. El valor de cada sitio es el promedio de las cinco estaciones.

En la presentación de resultados generales, por tipo de variable se presenta un resumen de sus estadísticos descriptivos, y posteriormente se construyeron intervalos de clase, que permitieran una clasificación nominal de la magnitud de las variables y facilitar la exposición de los resultados. Se aclara que en la definición de las categorías, únicamente intervino el rango de variación observado, no existiendo un criterio de comparación con otras áreas similares que cuentan con poblaciones de sotol.

Resultado espacial por ruta

Se encontró que los sitios de la ruta 5 presentan la mayor producción sobre todo en aquellos que se ubican al Sur del Estado en el Cañón Prieto, Sierra La Concordia, Sierra Tapón del Toro, Sierra El Laurel así como otros sistemas montañosos aledaños a los ya mencionados. Los valores promedios de producción que se presentan en estos lugares van de 9,170 a 12,501 kg./ha, aunado a los valores altos de densidad que se ubican en estos sitios que van de 496 a 976 ind./ha, aunque cabe resaltar que la variable de diámetro promedio se encuentra en la categoría de medianos con valores promedios de 16.32 a 27.98 cm. Por ello se puede decir que el peso es directamente proporcional a la densidad de los sitios.

Adentrándose más al centro del estado se localizan otros sitios que presentan también producciones altas de sotol y dentro de estas se localiza la Sierra de la Paila y las Áreas colindantes con la Sierra Los Alamitos y la de Venados donde se localizan valores de producción de 10,429.39 a 12,030.33 kg./ha, con densidades que se localizan en las categorías de regular a alta con la presencia de 492 a 652 ind/ha, así como diámetros promedios grandes con dimensiones de 28.08 a 31.84 cm, y los sitios encontrados en estas Sierras son 121, 122, 137, 175 que corresponde a San Antonio del Cable, Ranchito Nuevo, Ejido Nuevo Yucatán y Ejido La Luz II. De esta misma ruta se localizan otras sierras que presentan una producción similar a las anteriores y que se encuentran contiguas a estas, tal es el caso de Sierra San Marcos y Sierra La Purísima a la altura del ejido de Tanque de las Norias y de la localidad El Clavel presentando valores promedios de 9743.55 a 16871.02 kg/ha con densidades altas de 568 a 944 ind/ha y diámetros medianos de 24.85 a 25.19 cm. Algunas otras áreas al noroeste de la Ciudad de Saltillo ubicadas en las cercanías de la Sierra de Las Vacas y Mesa del Sauce que presentan algo de producción.

La ruta que presenta producción media se encuentra localizada en las inmediaciones del Valle del Sobaco principalmente sobre la Sierra de Tlahualilo, en la Sierra las Delicias, Sierra de los Remedios y Sierra Las Margaritas con promedios de 4,881.29 a 8,511.90 Kg/ha, para el caso de la ruta 1, aunque presenta diámetros grandes (19.83-35.31 cm) sus densidades son bajas. Se localizan algunas otras áreas con producción moderada como pueden ser la Sierra

de la Paila para la ruta 5 que va de 5352.38 a 8702.99 Kg/ha, con densidades catalogadas en la categoría de regular (348–480 ind/ha) también ésta misma ruta presenta la misma producción moderada sobre las Sierras de Potrero, Sierra Las Vacas, y en la cercanía de Sierra de Vega con promedios de 4928.33 a 8515.77 Kg/ha. Con densidades regulares de (248 a 540 ind/ha) y diámetros de 21.82 a 34.21.

La ruta 4 también presenta algunos sitios con producción moderada localizados principalmente sobre el complejo de Sierra El Jabalí, La Carroza, El Fraile, El Chorreadero y Buñuelo con promedios de 5758.85 a 8591.19 Kg/ha, aunque tienen en su mayoría diámetros pequeños (13.61-26.32 cm) aumentan su producción con las altas y regulares densidades que ahí se presentan (328 a 736 indiv/ha).

Las áreas donde se localizan las producciones más bajas son de la ruta 1 en la parte conocida como La Laguna sobre la parte sureste de la sierra de Jimulco como en las serranías de Las Llantas y en los alrededores de la estación Centinela cuyos valores son 1522.74 a 3363.62 Kg/ha, y esto se relaciona también con sus densidades bajas (84-208 las más bajas del Estado), aunque presenta diámetros promedios en la categoría de mediano a grandes (17.38 a 26.39 cm).

También en la ruta 2 se presentan varios sitios en la categoría de baja y se localizan principalmente alrededor del Valle de Cuatrociénegas en la Sierra La Fragua, Sierra La Madera, Sierra de San Marcos, Sierra Sacramento y Sierra de la

Purísima con valores de 728.12–4,516 Kg/ha y densidades bajas (56 a 256 ind/ha) y diámetros mezclados de 12.65 a 29.86 cm en los alrededores del ejido Los Dolores y de la Localidad de Santa Genoveva. En la Sierra de Alamitos presenta en su totalidad la categoría de baja producción debido a que sus valores promedios van de 1021.06 a 4312.87 Kg/ha., aunado a esto su baja densidad de 80 a 264 ind/ha., y aunque presenta ejemplares con diámetros de mediano a muy grande su producción es baja a causa de la escasa densidad.

Por otra parte sobre la superficie de influencia de la ruta 4 se localizan sitios que presentan la clasificación de producción baja específicamente al oeste de donde se presentaron los sitios con producción alta sobre la Sierra de las Palmas y Sierra de Patagalana y Parras de la Fuente cercano a las localidades El durazno, Cruz Verde y La Soledad. La producción promedio por hectárea va de 1499.26 a 4637 Kg/ha y aunque los individuos de éstas áreas presentan diámetros grandes (18.33 - 31.25 cm) las densidades son bajas (68 a 228 ind/ha).

Otra área que sobresale por presentar producción baja es la localizada en las serranías del Pame, Picacho del Gavilán, Sierra El Chorreadero, Sierra de La India, Sierra del Fraile y Buñuelos con promedios de producción de 2626.93 a 4611.49 y con densidades que van de los 152 a 634 ind/ha y diámetros de 15.26 a 24.04 cm. Podemos concluir que existe abundancia y distribución de las diferentes especies de sotol en el Estado de Coahuila considerando las variables antes mencionadas, ya que de una u otra forma predominan en las cinco rutas que se analizaron.

Asistencia Técnica Organizativa

Por el momento ya se cuenta con un manual para el productor, publicado en noviembre de 2002, que es un texto de capacitación para campesinos productores de sotol.

Para asegurar que el aprovechamiento del sotol por las comunidades sea sustentable e involucrarlas a contribuir en generar opciones para un desarrollo rural y toma de decisiones, así como participación con los equipos técnicos en la adopción de las medidas de regulación, control, prevención y mitigación de efectos adversos de un aprovechamiento intensivo, se implementó un proyecto de asistencia técnica, bajo un esquema de básico de operación, sondeo y contacto con los productores, así como la repartición de cursos talleres y definición de una figura organizativa para los proyectos de manejo (López, 2002).

PRODUCCION DE PLANTAS DE SOTOL (*Dasyliirion* spp)

Tipos de Reproducción

La forma de reproducción del género *Dasyliirion* puede ser sexual o asexual (vegetativa). El método sexual de reproducción es por semilla, al hacer expulsión las cápsulas y esparcir las semillas alrededor de la planta, se logra un porcentaje muy bajo de germinación, ya que se establecen un promedio de 10 plantas pequeñas por cada planta madre, y requieren de un promedio de 12 a 15 años para tener el tamaño ideal para ser aprovechadas. La reproducción asexual se

lleva a cabo mediante la estimulación de las yemas axilares, cuando se ha dañado por algún motivo el meristemo apical, una de ellas toma el liderazgo para así llegar a crecer (Ortega y Villavicencio, s/f).

La Semilla y su Estructura

La semilla esta cubierta por la testa, que procede de los tegumentos de los rudimentos seminales. Cada tegumento consta de dos capas de células que aumentan en la región micropilar. El tegumento interno deja una pequeña abertura que es el micrópilo, el extremo es más corto, no llega al micrópilo y sus células contienen abundantes taninos responsables de la dureza de la testa y de su color más o menos oscuro. La testa varía en color, resistencia y ornamentación, sus colores mas comunes son; castaño, anaranjado, café y negro en diversas tonalidades. La testa puede ser lisa, pero casi siempre esta provista de ornamentaciones, que dependen de la forma y accidentes de las membranas de la célula de la capa externa, tales como engrosamiento, encogimiento, ablandamientos o hundimientos que dan origen a estructura reticuladas, corrugadas, faveoladas o tuberculadas (Bravo, 1978)

La semilla es el óvulo fecundado, transformado y maduro de las plantas fanerógamas, así mismo, es la parte de estos vegetales que tiene como función reproducir y perpetuar la especie (Ruiz, *et al.*, 1979).

La semilla es una estructura en reposo. Por lo regular esta sumamente deshidratada, compuesta principalmente de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable, los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar muy lentamente, la semilla está en una condición de vida interrumpida debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno. (Bidwell, 1979).

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 protegido por el epispermo (Moreno,1996).

Potts (1977) 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.

La semilla es el óvulo maduro y fertilizado, el cual lo conforman las siguientes partes. Una cubierta o testa que protege las partes internas, el endospermo o tejido de reserva del alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión. En algunas semillas como en las leguminosas el endospermo está mal representado y la reserva de energía en forma de alimento

es almacenada en los cotiledones y que funciona como lugar de almacenamiento de reserva alimenticia. También conocida como hojas cotiledonarias o embrionarias; y el embrión o planta en estado rudimentario, que se origina del desarrollo del óvulo fecundado (Villarreal, 1993).

Calidad de la Semilla

La calidad de la semilla es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento y la productividad de la mayoría de los cultivos (Krieg y Bartee 1975). Por su parte (Douglas, 1982) indica que la calidad de la semilla es muy importante al ser la semilla esencial para la supervivencia de la humanidad, por cuanto almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar y además se considera como un elemento vital para el desarrollo de la agricultura moderna.

Thomson (1979) menciona que los principales parámetros que determinan la calidad de las semillas 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.

Para Humphreys (1980) la calidad de las semillas de una muestra se define por las proporciones de semillas capaces de germinar y formar plantas, además de semillas de otras especies, material muerto, semillas rotas, tierra, piedra, insectos y residuos vegetales incluidos como impurezas.

Copeland y McDonald (1985) señalan que la capacidad de germinación es el criterio más usado para conocer la condición fisiológica o calidad de la semilla, y es universalmente aceptado que germinación y viabilidad son términos sinónimos al referirse a la habilidad de la semilla para producir plántulas normales bajo condiciones favorables.

Molina, *et al.*, (1990) mencionan que la calidad de una semilla para la siembra debe reunir cuando menos las características como; pureza, viabilidad, libre de semillas de malezas, libre de patógenos transmisibles por semilla, tener un mínimo de germinación y que varía de acuerdo a la especie.

Para CIAT (1991) indica que la calidad de las semillas es el conjunto de cualidades genéticas, fisiológicas, sanitarias y físicas, que dan su capacidad para dar origen a plantas productivas.

Garay, *et al.*, (1992) afirman que la calidad de la semilla involucra cualidades básicas diferentes que están incluidas en cuatro componentes que son: físicos, fisiológicos, genéticos y sanitarios; por lo que concluye que el potencial

productivo de la semilla estará en un máximo nivel cuando en ella estén incluidos todos y cada uno de estos componentes.

Andrews, *et. al.*, (1997) mencionan que la semillas pueden alcanzar una calificación de calidad determinada de acuerdo a su pureza, germinación, apariencia, uniformidad, contaminación de semillas de maleza, insectos, materia inerte, asociación con enfermedades, daños mecánicos, grado de deterioro y estado de madurez.

Deterioro de la Semilla

Delouche, (1973) propone una secuencia de los cambios que suceden durante el deterioro de la semilla y es la siguiente:

- Degradación de las membranas celulares.
- Daños en los caminos de producción y síntesis de energía.
- Alteraciones en los procesos respiratorios y de biosíntesis.
- Disminución en la tasa de germinación.
- Disminución de la tasa de crecimiento y desarrollo de la plántula.
- Disminución de la uniformidad.
- Disminución de la resistencia a condiciones adversas.
- Disminución en el rendimiento.
- Reducción de la energía.

- Incremento en el porcentaje de plántulas anormales.
- Pérdida de la capacidad de germinación.

El deterioro en semillas es considerado como un proceso inexorable, inevitable e irreversible que involucra cambios determinables que causan la reducción en la calidad de semilla, luego que esta ha alcanzado su nivel máximo y que culmina con la pérdida completa de su viabilidad. El deterioro es mínimo en la etapa de madurez fisiológica y la tasa de deterioro es variable entre especies, variedades, híbridos, lotes de semilla de una misma especie e inclusive varía dentro de semilla individuales de un mismo lote (Delouche, 1973; Soplin, 1980 y Mendoza, 1985).

Philpott (1981) indica que durante la vida de la semilla se presentan muchos factores que afectan su calidad. Sin embargo, actualmente se han investigado de una forma minuciosa todos los aspectos que determinan el deterioro de una semilla cuando esta, enfrenta ciertas condiciones adversas. Las condiciones y el equipo usados durante el manejo físico de la semilla antes de ser almacenado son factores que determinan e influyen en su deterioro.

Algunas de las manifestaciones del deterioro de la semilla son: cambios en el color, disminución de la tolerancia a condiciones desfavorable de almacenamiento, reducido crecimiento de plántulas, disminución de la capacidad germinativa e incremento de plántulas anormales. Aún bajo condiciones de almacenamiento en donde las semillas estén libres del ataque de otros

organismos, la viabilidad declina a la larga y finalmente todas las semillas mueren (Duffus y Slaughter, 1985).

Tipos de Latencia en las Semillas

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.

Doorenbos (1953), define la latencia como la condición cuando un tejido predispuesto a elongar no lo hace y clasifica a esta en 3 tipos ; latencia impuesta, ecto latencia y endo latencia, la primera que es el estado de inactividad impuesto por el medio ambiente, el cual se reanuda al ser favorables estas condiciones; latencia de verano o ecto-latencia que está determinada por los factores internos de la planta, la cual causa que el crecimiento sea reducido; latencia invernal o endo-latencia que es causada por los factores dentro del tejido latente.

Una vez que las semillas llegan a su madurez, se observa que la mayoría de las células vivas del embrión entran en vida latente, lo cual quiere decir que algunas de sus funciones, como la respiración y nutrición se atenúan notablemente, y otras, como la división celular se suspenden por completo. La maduración de las semillas va acompañada casi siempre por una intensa

deshidratación de sus tejidos, fenómeno que permite a las células resistir en vida latente. La longevidad de las semillas, o sea, el tiempo que duran en vida latente y con poder germinativo, es muy variable y depende de diversas circunstancias, como la especie de la planta, los tipos de reserva que posean las mismas y del sitio en que se encuentren al salir del fruto. En muchas semillas sucede que, aunque hayan quedado libres del fruto, no están aptas para la germinación, debido a que su embrión no ha completado su desarrollo y maduración, si estas semillas se siembran inmediatamente, no germinan, ello se debe probablemente a que es necesario que se efectúen ciertos cambios metabólicos previos a la germinación (Ruiz, 1979).

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 (Thomson, 1979).

Otra clasificación de latencia, es mencionada por Copeland y McDonald, (1985), como latencia primaria y secundaria. Para dichos autores, la primera es la más generalizada y está asociada a la dureza de la cubierta, la impermeabilidad a gases y agua y a la presencia de inhibidores, también consideran, que la latencia primaria puede ser exógena, si se debe a las propiedades de la cubierta o endógena si se presenta a causa del embrión.

Low (1985) menciona que la latencia es un mecanismo natural que las plantas utilizan para diseminarse en el tiempo y el espacio, este mecanismo contribuye a la sobrevivencia natural de las especies, sin embargo, en la agricultura moderna representa un problema.

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

Otros autores como Hartmann & Kester, (1988) y Willian, (1991) detallan los tipos de latencia de la siguiente manera:

a) Latencia exógena

- Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.

- Latencia mecánica. En esta categoría las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente este factor no es la única causa de la latencia, ya que en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.
- Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

b) Latencia endógena

- Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de esta categoría hay dos grupos:
 1. Embriones rudimentarios. Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un pro-embrión embebido en un endospermo, al momento de la maduración del fruto. También en el endospermo existen

inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.

2. Embriones no desarrollados. Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

c) Latencia interna

En muchas especies la latencia es controlada en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo:

- Fisiológica. Corresponde a aquellas en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitor.
- Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas.

- Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un periodo de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

d) Latencia combinada morfofisiologica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuertes.

e) Latencia combinada exógena–endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

Por su parte Camacho (1994) comenta que 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.

Valdés (1998) indica que es importante mencionar que no todas las especies de semilla germinan fácilmente ya que algunas presentan ciertos mecanismos que les impiden hacerlo, estas semillas se conocen como latentes o durmientes, y para germinar requieren de un manejo especial. Son diversos los mecanismos biológicos internos de control de la germinación en la semilla que

producen latencia: para esto, se han desarrollado varias clasificaciones que tratan de explicar los mecanismos responsables de este problema.

Germinación

Autores tales como Miller (1938); Merino, *et al.*, (1969); Rojas y Ramírez, (1987) señalan que diversos factores, químicos y físicos son los responsables de la variación en la germinación de las semillas. Los tegumentos o envolturas impermeables y duras constituyen factores físicos que impiden la entrada de oxígeno, temperatura y luz para el crecimiento del embrión, mientras que sustancias químicas inorgánicas localizadas en las envolturas externas que rodean el embrión, bloquean el crecimiento de la plántula.

Miller (1938); Van Overbeck (1970); Copeland y McDonald (1985) y Sevilla, (1987), mencionan que la germinación se inicia con la imbibición de agua por la semilla, aumentando la respiración del embrión y las necesidades de oxígeno, lo cual activa las enzimas hidrolíticas que descomponen los alimentos insolubles en compuestos sencillos como azúcares, aminoácidos y ácidos grasos.

Algunas de las enzimas se encuentran en las células secas almacenadoras del embrión y son activas, como las enzimas respiratorias, durante la fase de captación rápida del agua por imbibición. Sin embargo, otras enzimas que determinan en la movilización de las sustancias de reserva son sintetizadas durante los procesos de germinación (Street, 1969).

Por su parte Ede (1970) confirma que la germinación depende del estado de la semilla al momento de la cosecha ya que puede tener la presencia o ausencia de latencia, sin embargo, el manejo posterior, como las condiciones del secado y almacenamiento tiene gran importancia.

Según Febles (1975) indica que la germinación en las plantas superiores, es el conjunto de eventos que llevan a la semilla, con bajo contenido de agua y poca actividad, a mostrar un aumento marcado de la actividad metabólica en general y a iniciar la formación de la plántula a partir del embrión.

Thomson (1979) comenta que para el tecnólogo en semillas la capacidad germinativa es el mayor indicador del funcionamiento de la semilla en campo; es por esto que el objetivo de las pruebas de germinación es obtener información referente a la capacidad de la semilla para dar origen a plántulas normales, indicando así la ausencia de latencia.

Humphreys (1980) menciona que la germinación de las semillas se mide en porcentaje y se refiere a la proporción de semillas puras que germinan, en un lapso de tiempo determinado bajo condiciones estándar de laboratorio, y desde el punto de vista de calidad de la semilla; esta se define por la proporción de semillas en una muestra, capaces de germinar y formar nuevas planta.

Rojas (1982) menciona que al describir la germinación de la semilla lo hace de la siguiente manera; las semillas de algunas plantas, aunque parecen estar maduras y haya pasado cierto tiempo de su formación, no son capaces de germinar aunque se pongan en condiciones adecuadas, si no que deben pasar un lapso a veces muy largo de reposo; este fenómeno se llama letargo. El letargo puede ser causado por una cubierta o testa de la semilla muy dura, en cuyo caso hay que debilitarla por medio mecánicos o químicos (escarificación), otra causa es la presencia de inhibidores del desarrollo en la testa o bien la carencia de estimulantes u hormonas.

Por lo que la germinación se define como la iniciación del crecimiento activo del embrión que da como resultado la ruptura de las cubiertas de la semilla y la emergencia de una nueva planta de semillero, capaz de mantener una existencia independiente (Halfacre y Barden, 1984)

Las pruebas de germinación tienen el objetivo de 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, 1984).

Según la International Seed Testing Association (ISTA, 1985), el ensayo de germinación incluye la determinación de plántulas normales, anormales y semillas latentes. Las plántulas normales deberán presentar un sistema radicular bien

desarrollado, plúmula intacta con una hoja verde bien desarrollada dentro o emergiendo del coleoptilo.

Cronquist (1986) menciona que la germinación es el proceso que ocurre desde el momento en que el embrión reinicia su crecimiento hasta que la plántula se establezca.

Una semilla se considera de buena calidad cuando tiene la capacidad de germinar bajo condiciones convenientes. Las semillas pierden esta facultad con la edad y más rápidamente cuando su conservación no es adecuada. Es pertinente asegurarse 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).

Hartmann y Kester (1995) consideran que para que se inicie la germinación se necesita que:

- La semilla sea viable, es decir que tenga un embrión vivo capaz de germinar.
- No deben existir barreras fisiológicas, físicas y químicas que induzcan al letargo e inhiban la germinación.
- Debe estar expuesta a condiciones ambientales adecuadas que favorezcan la germinación.

Hongos presentes en las Semillas

Los hongos son los patógenos más importantes de las plantas, y también los transportados en las semillas. Las bacterias, nemátodos, virus y viroides, son acarreados en las semillas pero no los micoplasmas ni en las rickettsias. Son organismos heterótrofos, que no pueden sintetizar sus alimentos como lo hacen las plantas, y tienen que vivir como saprofitos en materia orgánica muerta, o bien como parásitos de otros organismos, entre ellos las plantas de las que derivan sus nutrimentos. El éxito de los hongos como fitopatógenos radica en que producen gran cantidad de esporas lo que significa gran cantidad de inóculo que es fácilmente transportado por el viento, algunas veces, por el agua de río, otras por la gotas de agua que salpican de planta a planta, otras más por los implementos agrícolas y por el hombre a través de las transacciones comerciales con semillas.

Otras características de los hongos que los hacen ser los principales causantes de enfermedades de las plantas, a diferencia de los virus y bacterias, que son capaces de penetrar en diversas maneras, a través de las aberturas naturales, como los hidatodos, los estomas, lenticelas, los microporos así como heridas de diferente origen. Igualmente, pueden penetrar directamente a través de la cutícula y de la epidermis ya sea mediante fuerza física o de la secreción de enzimas (Moreno, 1996).

Daños causados por los Hongos en las Semillas

Los hongos que se alojan en las semillas causan diferentes daños; si la infección es muy severa, el daño puede ocasionar la muerte del embrión, como es el caso de las especies de *Fusarium* que causan pudriciones de mazorca de maíz; *Colletotrichum lindemuthianum* Hensse, en frijol, con infecciones leves, las semillas no pierden su poder germinativo; sin embargo, si puede verse afectado su vigor.

Por lo tanto si llegan a germinar son portadoras de los patógenos. Lo cual tendrá un efecto determinante en el desarrollo de las enfermedades que son capaces de causar, en condiciones propicias para el patógeno. Otro efecto importante de la invasión de estos hongos sobre las semillas es la reducción de su vigor, y por lo tanto el aumento en su predisposición para ser afectadas por otros patógenos que se encuentran entre las semillas y en el suelo. Los hongos que invaden las semillas en el campo reinician su actividad en cuanto estas van a germinar, debido a la humedad presente en el suelo. Algunos de estos causan pudrición, en las semillas y la marchitez de las plántulas; tal es el caso de *Diplopía maydis* (Berk) Sacc y *Drechslera maydis* (Nisiki) Subram, en maíz, lo mismo puede suceder con los hongos que están en el suelo, y que son atraídos por exudados de semillas, como *Pythiumn baranum*. Y otros hongos involucrados en lo que se conoce como alojamiento de las plántulas (Moreno. 1996).

Daños causados a la Semilla por Bacterias

Neegaard (1979) menciona que el efecto patogénico de las bacterias puede ser referido a uno de los siguientes tipos de daños.

- Aborto de la semilla
- Pudrición de la semilla
- Decoloración de la semilla
- Adelgazamiento: de acuerdo al patógeno y a las diferentes condiciones durante la maduración, uno u otro de los siguientes factores pueden presentarse en la semilla o pueden ocurrir combinaciones.

Agarwal y Sinclair (1987), mencionan que la prueba de papel secante es un método sencillo y económico para la detección de patógenos y otros organismos asociados con la semilla.

Tratamientos para Romper Latencia

Según Patiño, *et. al.*, (1983) y Hartmann & Kester (1988) los tratamientos para romper la latencia son:

Estratificación. Consiste en colocar las semillas embebidas de agua, en capas o estratos húmedos, usando como sustrato arena. El periodo de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión.

- Cálida. Si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30°C)
- Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10°C).

Escarificación. Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases:

- Mecánica. Consiste en raspar la cubierta de la semilla con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utiliza maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava. Se utilizan 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 asimismo la restricción mecánica. 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.
- Con agua caliente. Se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100°C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 14 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

- Con ácido (escarificación química). Se usa para tratamientos de semillas duras: para disminuir la permeabilidad de la cubierta y favorecer la entrada de agua y oxígeno al embrión, generalmente se usa ácido sulfúrico. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrados en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el periodo de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del periodo de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante

Lixiviación. El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviados es de 12 a 24 horas.

- Combinación de tratamientos. Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.
- Hormonas y otros estimulantes químicos. compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: Nitratos de Potasio, Tiourea, Etileno, Ácido giberélico, Citokininas.

Khan (1977) menciona que con la escarificación mecánica pueden 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

Mott y Mckean (1979) trataron semilla 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.

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 1989) la utilización de estimulantes contribuye a mejorar la calidad de las semillas ya que beneficia la velocidad, uniformidad de germinación y emergencia, asegurando una mayor densidad de plantas de mejor vigor, permitiendo la tolerancia a condiciones ambientales adversas e influyendo además en el crecimiento de la planta adulta.

Nitrato de Potasio. Clarke y Stevenson (1943), probaron el uso de soluciones acuosas de nitrato de potasio, e indicaron que su uso no fue efectivo para producir incremento significativo en el porcentaje o velocidad de germinación, tanto en suelo como en cajas de petri a temperaturas de 20 a 30 °C en semillas de papa.

Koller, *et al.*, (1961), mencionan que los nitratos han sido conocidos por mucho tiempo como potentes agentes de la germinación, particularmente durante la postmaduración y en semillas sensitivas a la luz, pero plantean la incógnita de si estos actúan en el embrión o modifican la testa, y si son o no metabolizados juntos con la semilla. Por su parte Bidwell (1979), menciona que ciertos tratamientos como nitrato de potasio y/o giberelina eliminan la exigencia de luz en algunas semillas, y que este requerimiento puede localizarse en lugares diferentes al embrión, pues en algunas especies los embriones *in vitro* germinan en la oscuridad.

Los nitratos en particular han sido usados extensamente para estimular la germinación de semillas que requieren de luz, ampliando su rango de temperatura para germinación. Estos materiales también pueden promover la germinación de semillas recién cosechadas que requieren de luz, en la oscuridad (Vegis, 1964).

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 semillas de especies de *zacate digitaria* puede triplicar la germinación, sin embargo mencionan que este ácido puede ser dañino para algunas de estas especies.

James (1967), establece que el papel que desempeña el potasio en las células de las plantas influye sobre la eficiencia de muchas reacciones de síntesis,

posiblemente ejerciendo efecto sobre la síntesis y actividad de las enzimas que intervienen en estos procesos, además juega un papel importante como regulador osmótico y a concentración normales tiende a hacer más permeables las membranas.

El nitrato de potasio puede reemplazar el requerimiento o reforzar el efecto de otros agentes promotores de germinación tales como la luz y particularmente los regímenes de temperatura en un gran número de especies (Roberts, 1972).

Las semillas pequeñas generalmente se prueban colocándolas en papel filtro humedecido y algunas más grandes en papel o arena húmeda. Estos substratos se humedecen con agua de buena calidad o agua deionizada. Para superar la latencia se usa una solución de 0.2 % de nitrato de potasio en la humectación inicial. Por razones que no se comprenden, los nitratos generalmente rompen la latencia asociada con post - maduración o tienden a reemplazar el requerimiento de luz (Bleasdale, 1984)

Gutormson y Wiesner, (1987), indican que una solución de 0.2 % de KNO_3 es el mejor agente humectante a usar para probar la viabilidad del zacate *Elymus tetricoides*. Steinbauer, (1957), indica que las concentraciones óptimas de nitrato de potasio van de 0.1 a 0.5 %, y que el tratamiento es más efectivo en laboratorio o en invernadero cuando los medios de germinación son tales como arena o vermiculita.

Giberelinas. Según Le Page (1990) las giberelinas son indispensables para la germinación, puesto que su aplicación rompe la latencia de las semillas al inducir su síntesis, o un cambio en su comportamiento, o en la insensibilidad de los tejidos permitiendo el crecimiento y desarrollo del embrión.

Bidwell (1996) reporta que existen más de 40 giberelinas conocidas, todas ellas tienen la misma estructura anillada básica y parecen sintetizarse en muchas partes de las plantas, pero más especialmente en las áreas activas del crecimiento como son los embriones o los tejidos meristemáticos o en desarrollo. Las giberelinas tienen como acción básica el modificar el mensaje genético que lleva el Ácido Ribonucleico. Cuando falta, se presenta el síntoma típico de falta de amilasa en la planta, enzima que deshace al almidón, lo cual permite utilizarlo para obtener energía. Otro síntoma típico es el de promover el crecimiento en las variedades enanas. También es típico que con aplicación de giberelinas las plantas pueden florecer en condiciones inadecuadas de horas de luz o de frío.

Según Testar (1998), las semillas inmaduras son una excelente fuente para el estudio de las giberelinas porque se presentan en altas concentraciones, presentándose también en la maduración de estas, aunque en concentraciones menores, sin embargo para las semillas en germinación se localizan principalmente en el eje embrionario, en cotiledones y testa. Mientras que Karssen, *et al.*, (1989) reportan que la aplicación de giberelinas en las semillas tiene una acción estimulante en la latencia, acelera la germinación y a menudo puede compensar la falta de estímulos de luz y baja temperaturas. Los efectos

principales son la estimulación de la hidrólisis en la reserva de alimentos y la reducción de los mecanismos de resistencia de la radícula; así como la estimulación del crecimiento del embrión. Se ha visto que las giberelinas son hormonas muy importantes para el desarrollo de las plantas y debe ser necesario el conocimiento de su actuación y aprovechamiento como regulador de crecimiento. Las funciones que llevan a cabo en la planta, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Incrementar el crecimiento en los tallos.
- Interrumpen el periodo de latencia de las semillas, haciéndolas germinar y Movilizan las reservas en azúcares.
- Inducen la brotación de yemas.
- Promueven el desarrollo de los frutos.
- Estimulan la síntesis del Ácido Ribonucleico mensajero.

Todos estos tratamientos se utilizan en general para todo tipo de semillas por lo que también se utilizó para el Sotol.

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SOTOL (*Dasyliirion spp*)

En éste capítulo se menciona la clasificación del producto dentro del ámbito de la producción agropecuaria, considerando la clasificación comercial como un producto forestal no maderable y no tradicional y en base a su uso.

Clasificación del producto

Dentro del ámbito de la producción agropecuaria existen dos grandes categorías: los productos tradicionales y los no tradicionales.

Los productos tradicionales son productos ampliamente, difundidos, comercializados y consumidos, tanto nacional como internacionalmente y el precio está establecido en los mercados; es decir desde el punto de vista comercial y de acuerdo al uso de los mismos.

Los Productos Tradicionales

El sotol podría considerarse dentro de la clasificación de los productos tradicionales pues se adapta a las definiciones que se mencionan; aunque los tequilas y mezcales ya son conocidos y comercializados a gran escala tanto a nivel nacional como internacional, el sotol comienza a tener demanda en estos nichos de mercado.

Definiciones de los productos no tradicionales (PNT)

- ❖ Los productos no tradicionales (PNT) son aquellos poco conocidos, su producción es generalmente no masiva o reciente, local o regional y sus

transacciones comerciales y consumo distan en menor o mayor medida de ser generalizados.

- ❖ Los productos no tradicionales (PNT) son aquellos que no habían tenido una tendencia constante en las exportaciones de nuestro país, pero que juegan un importante papel en el ingreso rural a nivel regional.
- ❖ No habían ocupado un lugar importante en las exportaciones y/o son cultivos de reciente introducción en la agricultura nacional. (exóticos, orgánicos, especiales para gourmets, etc.)
- ❖ También se denominan así por su demanda internacional, al no haber constituido tradicionalmente la canasta básica de los países desarrollados.
- ❖ Existe una gama de productos rurales (licores, conservas, dulces, artesanías de palma, textiles, madera) considerados también en los PNT (Coello, 2003).

Clasificación comercial y en base a su uso

Dentro de ésta clasificación el sotol es utilizado como forraje en tiempos de sequía en las zonas desérticas del país pero no se comercializa como tal, aunque los granos son muy importantes tanto para la alimentación humana como animal se espera que también se considere como una parte importante a futuro para solventar las carencias del sector rural, ya que como un producto industrial comienza a tener demanda para su producción como licor además de que se puede utilizar como adornos de iglesias ya que es una fibra exótica y rústica muy resistente que decora interiores y exteriores de casas.

El sotol es un producto forestal no maderable, que no es susceptible en el corto plazo para impulsar su aprovechamiento intensivo, que está sujeto a la naturaleza ya que es una especie vegetal de zonas áridas componente del matorral desértico rosetófilo y del matorral crasirosulifolio espinoso de zonas semiáridas que por naturaleza son ecosistemas muy frágiles, además sujeto a las Normas que se establecen en el artículo 11 de la Ley Forestal vigente; principalmente a la Norma Oficial Mexicana NOM-005-RECNAT-1997, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de la vegetación forestal.

El sotol, está considerado que dentro de las zonas áridas y semiáridas, comienza a tener importancia porque representa una importante fuente de ingreso y empleo para varias comunidades, sobre todo aquellas localizadas en áreas muy marginadas.

Los productos forestales no maderables de clima árido y semiárido se distribuyen en el altiplano mexicano, incluyendo los estados de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua, Nuevo León, Coahuila, así como Sonora y la Península de Baja California. La producción en menor escala se concentra en los estados de México, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, y Tamaulipas.

El aprovechamiento de los recursos no maderables en las zonas áridas y semiáridas se concentra en especies como la candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), la lechugilla (*Agave lecheguilla*), orégano (*Lippia spp.*), nopal (*Opuntia spp.*), palmilla (*Nolina spp.*), numerosas cactáceas (*Pereskiaopsis spp.*, *Hylocereus spp.*, *Mammillaria spp.*, *Lophophora williamsii*, etc.), magueyes (*Agave spp.*), piñon (*Pinus cembroides*), gobernadora, (*Larrea tridentata*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), el palo fierro (*Olneya tesota*) la yuca (*Yucca carnerosana*, *Yucca sp.*), el sotol (*Dasyllirion spp.*), la damiana (*Turnera diffusa*), la zarzaparrilla (*Smilax spp.*), el mezquite (*Prosopis juliflora*) y el cortadillo (*Nolina caespitifera*).

La amplia variedad de productos forestales no maderables involucra diversas formas de aprovechamiento, diferentes tipos de productores; así como procesos de beneficio o industrialización variados. De aquí que el número de productos no maderables bajo aprovechamiento supera, con mucho, a la cantidad de especies involucradas. Esto implica que partes de una especie puedan producir productos diferentes e incluso cada uno de éstos puede tener diferentes usos. El sotol es utilizado para la elaboración de licor, textil, forraje, artesanías entre otros que más adelante se detallan.

Usos Actuales. Desde luego debe citarse dentro del uso actual la utilización del sotol como forraje para alimentar al ganado aunque los usos antiguos que ya se mencionaron persisten todavía entre los rancheros del Estado de Coahuila y posiblemente en todos los demás Estados de la República donde más abunda esta planta. Se acostumbra tatar los bulbos o cabezas del sotol extrayendo un

líquido que denominan sotol. El eje central de la inflorescencia lo tatemán cuando está tierno, como se hacen con los quiotes del maguey, utilizándolo supuestamente como alimento. Las hojas se utilizan para techar las chozas.

Usos industriales. La planta de sotol se usa para fabricar vinos corrientes cocinando las cabezas y fermentando el jugo, al que comúnmente se le llama sotol. También se le utiliza en la fabricación de alcohol, dado su alto contenido de azúcares.

Usos ornamentales. Las porciones basales de las hojas de diversas especies de sotol, que por su forma peculiar reciben el nombre de “cucharitas”, se emplea para decorar interiores y exteriores de iglesias, en ranchos y pueblos, particularmente con motivo de fiestas religiosas. En algunos estados del norte de México, se emplean plantas completas para decorar jardines de plazas, parques, casas, supermercados, etc. (SEMARNAT, 2001).

Usos artesanales. Las hojas de varias especies de *Dasyllirion* se usan en escala doméstica para tejidos de petates, sombreros, canastas, sopladores de fuego y muchos otros objetos; con las hojas de los bulbos se hacen figuras de flores para adornar los frentes de algunas iglesias.

Usos forrajeros. Las cabezas de varias especies de *Dasyllirion*, o sea las porciones centrales de las plantas, junto con las bases de las hojas, sirven de buen alimento para el ganado en la época seca, aunque no muy rico en proteínas,

su contenido en azúcares es suficiente para mantener el ganado vacuno (inclusive lechero) en buenas condiciones durante períodos prolongados (SEMARNAT, 2001).

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 muchos otros objetos. Se ha encontrado también que la fibra de algunas especies de sotol presentan características para elaboración de papel (Molina, 1983).

Composición Química

García, (1952) realizó un análisis químico de los bulbos verdes y secos del sotol, obteniendo un total de 26.20% y 57.2% de carbohidratos respectivamente. De acuerdo con estos resultados, se considera a esta planta rica en carbohidratos, siendo esta la razón principal de su empleo en la fabricación de alcoholes y licores.

La prueba de digestión para el sotol dio los siguientes resultados: proteína 39.5 %, fibra 18.5 %, hidratos de carbono 39.0 % y grasas 2.81 % (Velásquez, 1983).

Aprovechamiento del sotol (*Dasyilirion spp*)

Ortega y Villavicencio, (s/f) mencionan que se extrae 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 pesa aproximadamente 15 y 20 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 tiene una producción mensual de mas o menos 3000 litros de sotol.

Normas que rigen el aprovechamiento del sotol (*Dasyilirion spp*)

El miércoles 28 de mayo de 2003 la SECRETARIA DE ECONOMIA publica en el diario oficial su PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-159-SCFI-2003, Bebidas alcohólicas-sotol-especificaciones y métodos de prueba.

La Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, con fundamentos en los art. 34 fracciones XIII y XXX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 39 fracción V, 40 fracciones XII y XV, 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 33 de su Reglamento y 19 fracciones I y XV del Reglamento Interior de esta Secretaría, expide para consulta

pública el siguiente Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-159-SCFI-2003, Bebidas alcohólicas-sotol-especificaciones y métodos de prueba.

Destilación del Sotol (*Dasyliirion spp*) ejemplificado en San Juan de Cedros, Mpio. de Mazapil, Zac. Marzo-Abril 2004.

El primer paso (recolección y traslado): Para esta actividad laboran 4 personas que tienen amplio conocimiento al elegir las “piñas” o cabezas de sotol que serán extraídas. El número exacto de “piñas” a cortar es de 600 – 800 “piñas” por semana, la función de estas personas consiste en buscar las plantas de sotol de las cuales se extraerá la “piña”, la vara donde florece la planta se utilizará como corcho para tapones de botellas y también se usa en construcciones rústicas y usos artesanales, las hojas también se emplean para techados rústicos. El peso promedio de las “piñas” varía desde los 15–20 kg y esto es debido al tamaño de las “piñas” o cabezas. El transporte del personal a las áreas de corta lo realizan a caballo ya que dichas áreas están cada vez más alejadas del ejido por lo que tardan alrededor de 8 días para coleccionar las 600 – 800 “piñas”, estas al ir las cortando se van coleccionando o arrimando a la brecha donde pasara un camión recogiénolas; para realizar estos trabajos de recolección de “piñas” se utiliza como material 4 hachas grandes y machetes. Cabe mencionar que estas cuatro

personas solo se dedican a la colecta de “piñas” y su salario es de \$ 1800 para las cuatro personas.

El lugar de donde se extraen las cabezas o “piñas” de sotol son en terrenos del propio ejido (San Juan de Cedros), y es cada vez más lejano debido a la sobre-explotación que se tiene, y esto tiene como consecuencia una menor producción en cuanto al sotol que se obtiene de cada “piña” o cabeza. Esto también tiene que ver que no se puede aprovechar en sectores cercanos al ejido debido a que son de propiedad privada y cuando lo hacen paga el ejido alrededor de \$1.00 por cabeza o “piña” y esto hace que la producción rinda más.

Segundo paso (cocimiento): este paso consiste en el cocimiento que sufrirán las “piñas” en el proceso productivo que consiste en amontonar todas las piñas en el horno o cocedor, que consiste de una zona circular que tiene 30 cm. de profundidad y en medio una pila de piedras en forma de pirámide que equivale a 6.5 metros el diámetro de la circunferencia y aproximadamente dos metros de altura, de la cúspide a la punta es de 2.90 metros y el pozo es de 1.90 metros. Para esta actividad se ocupan 5 personas que se dedicaran a calentar el horno, para que una vez después de esto las 5 personas se ocuparan de acomodar las “piñas” y taparlas con bagazo y hojas de palma, el proceso durara exactamente 3 días, de los cuales al segundo día se harán chequeos para disminuir el proceso de coción con 20 cubetas de agua para que exista más vapor, que serán dispersados en diferentes lados, arriba, abajo y en las orillas, cada cubeta tiene la capacidad de 20 litros de agua y esto evitara que las “piñas” se resequen o se quemem y

lograr un cocimiento completo de las “piñas”, con la finalidad de obtener una alta producción; pero en caso de faltarle agua al tercer día todavía se le podrá echar agua.

El sueldo que reciben estas personas por esta actividad es de \$50.00 diarios por persona. Después de estar cocidas las “piñas”, estas mismas personas destapan el horno y acarrear las “piñas” cerca de las mortajas en las que se llevará a cabo el siguiente proceso.

Tercer paso (desmenuzado y reposo): después que ya están cocidas las piñas se amontonan cerca de las piletas de las cuales haremos énfasis mas adelante, se amontonan para que se enfríen y así poder desmenuzarlas.

Las “piñas” se amontonaran cerca de las piletas donde hay unas pequeñas bardas que dan el molde de las “piñas”, al ser desmenuzadas y acomodadas en dicha barda se tapan con un plástico durante 3 días (solo si es tiempo de lluvias) en caso contrario que haga mucho calor las “piñas” deben estar descubiertas ya que el sol y el calor ayudan a acelerar la fermentación y por tanto se obtendrá mayor producción. Los tres días que se le dan de reposo al sotol mojado es con la finalidad de que adquiera la fermentación deseada para poder proseguir con el siguiente paso. Por este trabajo las personas obtienen un sueldo de \$ 50.00 por “mortaja”.

Cuarto paso (proceso de fermentación): una vez que las “piñas” han cumplido los tres días de estar almacenadas estas pasan al área de “mortaja”. El

cual consiste en unas piletas hasta la mitad de agua donde se vaciara la “piña” desmenuzada hasta que quede bien apretada, para esto no es necesario taparla ya que con el agua que contiene apresurara la fermentación. La infraestructura con la que se cuenta para esta actividad consiste en tres piletas o “mortajas” que miden 1.90 metros de largo por 1 metro de ancho y 1.5 metros de profundidad, las cuales están hechas de cemento y revestidas de madera y tienen una capacidad para 80 “piñas” desmenuzadas cada una de ellas, también con un reposo de tres días con la finalidad de que queden bien fermentadas. Cabe mencionar que para llenar las “mortajas” o pilas no se deben de llenar las 3 al mismo tiempo, se debe hacer salteado con un día de diferencia para que al terminar una, la siguiente se pueda sacar también hasta el siguiente día, esto con la finalidad de que no estén listas ni dos ni tres “mortajas” al mismo tiempo..

Después de que ya se dejo fermentar por tres días, se extrae el contenido de una “mortaja” en días variados, esto durante 11 días hasta terminar con los 800 cabezas o “piñas” que fueron sometidas al proceso productivo.

Quinto paso (proceso de destilación): Después de haber sido sacadas de las “mortajas” se pasan al alambique (cazo de cobre con capacidad de 20 kilos de “piña” mojada, el cual esta cubierto de un pipote en forma de cono truncado, hecho con tablón de madera de 1.20 metros de alto) el cazo se encuentra colocado a una profundidad de 1.30 metros y la base de madera es de 1.20 metros aproximadamente, la cual se encuentra conectado a un tubo de unión de asbesto y de cobre con 4 pulgadas de ancho, que va a dar a una pileta de agua y

en forma circular o de caracol se encuentra el serpentín que consta de un material hecho de cobre y también en forma de cono por donde corre el sotol en forma de vapor y al hacer contacto con el agua se condensa y se vuelve líquido.

Tomando en cuenta que cada cocimiento del cazo tiene una duración de 3-4 horas, al finalizar los cuatro cazos se vacían en un solo recipiente hasta que se terminen los cuatro cazos de una “mortaja”, inmediatamente después se vuelve a hervir todo el contenido o ya sea en partes, durante dos horas para obtener el sotol como producto final. La obtención de este producto es el de una bebida 100 % natural de color transparente y un sabor agradable, La producción obtenida puede variar de 250–280 litros como máximo de las 800 cabezas o “piñas” recolectadas. Para este paso final trabajan solamente dos personas que tienen un amplio conocimiento sobre el cocimiento exacto al que se puede terminar el sotol para estar en el punto que guste el sabor del sotol al consumidor; a estas personas se les paga un sueldo de \$70.00 por “mortaja”.

COMERCIALIZACION DEL SOTOL (*Dasyilirion spp*)

De acuerdo a los problemas que existen dentro del Ej. San Juan de Cedros, Mpio. de Mazapil Zacatecas, se tienen dificultades en la recolección y comercialización del sotol debido a la sobre-explotación que se realiza en una sola área designada por los propios ejidatarios que van en busca de el sotol. Y que la mayoría de la producción de vino de sotol que se genera y comercializa no cuenta con un envase ni nombre propio ya que este es vendido en cualquier envase

transparente de plástico o de vidrio de otros productos como de refresco u otra bebida alcohólica.

Esto en gran medida tiene que ver en el hecho de que no cuenten con una persona que asuma la responsabilidad de orientarlos, capacitarlos y dirigirlos sin tener intereses propios que pueda lograr aumentar la productividad y sacar al mercado un producto que cuente con un nombre propio que pueda identificarse con todos los demás que se encuentran en el mercado, darles la oportunidad de generar una fuente de trabajo que pueda permitirles un mejor nivel de vida en el ejido. (Salazar, 2004).

Para la SEMARNAT, la mayoría de los usos son de autoconsumo, el más importante de esta planta consiste en su empleo como materia prima para la elaboración de la bebida alcohólica conocida como “sotol” que aunque en menor medida que el mezcal, también es objeto de comercialización. El procedimiento de elaboración del sotol es similar al del mezcal y constituye una fuente de ingresos más o menos permanente para los trabajadores encargados de surtir la materia y para los que laboran en la producción de la bebida, la mayor parte de la cual se consume en las regiones cercanas a los centros de producción. (SEMARNAT, 2001).

 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS AREAS DE CORTA DEL SOTOL

 SELECCIÓN DE LAS PLANTAS A SER APROVECHADAS

CORTE DE LA PLANTA

DESHOJE DE LA PLANTA

 ARRIME DE LAS PIÑAS A LAS VEREDAS DE SACA

 TRANSPORTE DE LAS PIÑAS A LA VINATA

ACOPIO DE TRONCOS DE PALMA, MUERTOS PARA COMBUSTIBLES.

 TRANSPORTE DE TRONCOS – COMBUSTIBLE A LA VINATA

ENCENDIDO DEL HORNO – COCEDOR

APILAMIENTO DE LAS PIÑAS, TAPADO Y COCIMIENTO

AGREGADO DE AGUA A LA MITAD DEL COCIMIENTO

TRASLADO DE LAS PIÑAS AL AREA DE MAJADA

MAJADO O DESMENUZADO DE LAS PIÑAS

REPOSO DEL MATERIAL DESMENUZADO

DEPOSITO DEL MATERIAL EN LAS MORTAJAS

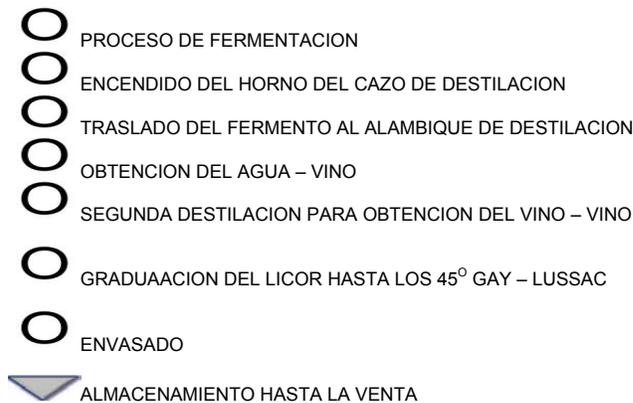


Figura 5 DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA OBTENCION ARTESANAL DEL LICOR DE SOTOL *Dasyilirion spp.* (Ramirez, 2004).

CONCLUSIONES

Se concluye en este trabajo que existe relativamente poca información en aspectos generales sobre esta planta (*Dasyilirion spp*) y algunos aspectos particulares entre los que se pueden mencionar: fisiología, producción de planta, reforestación, aprovechamientos sustentables, etc. de lo cual actualmente se desarrollan diversas investigaciones que podrían a un corto plazo enriquecer este acervo

RECOMENDACIONES

Continuar realizando investigaciones sobre esta planta, además de realizar estudios de fisiología, sobre todo identificación temprana de los sexos, de acuerdo

a los productores de San Juan de Cedros, las “piñas” o cabezas hembras y machos de sotol rinden igual al ser cocidas y preparadas para la obtención del sotol, pero si se puede reconocer al macho al cortarle las hojas pues son más duras y correosas como si se estuviera cortando fibras de ixtle; en cambio las hembras son más suaves y se cortan con mucha más facilidad. En los aspectos antes mencionados, así como en su registro, un envase propio vistoso con sus principales datos de ubicación del producto con la finalidad de darle el valor agregado, concurrir a exposiciones y ferias en donde se expenden o comercializan productos artesanales regionales, para aumentar su difusión, participar en exposiciones nacionales e internacionales de productos alimenticios y artesanales.

LITERATURA CITADA

- Agarwal, V.K. and J. B. Sinclair 1987 I. Principles of seed pathology Vol. IC. R .C; U.S.A. 168 p.
- Andrews, T.S., C. R. Jones and R. D. Whalley. 1997. Factors affecting the germination of Giant parra matta grass Australian J. of Experimental Agriculture 37:4, 439 – 446.
- Benson, L. and Darrow, R. A. 1944. “Manual of Soutwestern Desert Trees and Shrubs.” Biological Science Bulletin # 6, University of Arizona.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. AGT, Editor, S.A. México. D. F. México.
- Bidwell. R. G S. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la Agricultura 8ª. reimpresión. Ed. Trillas. México. pp. 461- 463.
- Bleasdale, J. K. A. 1984. Plant Physiology in relation to Horticulture. 2d. Edition. Macmillan press. London. pp. 6,7.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I y II. UNAM. México, D.F. 743 pp.
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de Semilla. Ed. Trillas. México. pp. 13 20.
- Castellano M, E. y G, J. J Vergara. 1983. El Sotol Agricultura de Zonas Áridas. Chapingo, México.

- Centro Internacional de Agriculture Tropical (CIAT). 1991. Elementos esenciales para el éxito de un programa de Semillas. Ed. Cali. Colombia. pp. 7 -9.
- Clarke, A.E. and F. J. Stevenson. 1943. Factors Influencing the germination of seed of the potato. Am. Potato Journal. 20: pp 247 – 258.
- Coello C., J. 2003. Oportunidades comerciales del sotol (*Dasyilirion spp.*) como alternativa a la producción campesina del Estado de Coahuila. Trabajo de observación. UAAAN.Salttillo, Coah., Mexico. pp. 61
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald 1985 Principles of seed science and technology.2d.Edition, McMillan Publishing Company EUA.321 p.
- Crocker, W. 1916. Mechanics of dormancy in seeds. Ann. J. Boot. pp. 99 – 120. EUA.
- Cronquist. A. 1981. An Integrated system of classification of flowering plant. USA. The New York Botanical Garden. EUA.
- Cronquist. A. 1986. Introducción a la Botánica 2ª. Edición. pp 610 - 612.
- Cuisance, P. 1988. La Multiplicación de las plantas y el vivero Ed. Mundi Prensa.Madrid España, pp. 25.
- D. A. M. y A. Polijakoff – Mayber and S. Klein. 1961. Seed germination. Annual Review of Plant Physiology. 13: 437 – 464.
- Delouche, J.C. 1973 Some thoughts on storage. Proc. short course for Seedmen Mississippi State University. Mississippi. States. Mississippi EUA.
- Doorenbos, J. 1953. Review of the literature on Dormaney in buds of woody plants. Meded Land Hugeseh Wageningen. 53:1 – 24.
- Douglas. J. E. 1982. Programa de semillas. guía de planeación y manejo. Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT)Cali, Colombia. pp. 123 – 163.
- Duffus, C. y C. Slaughther. 1985. Las semillas y sus usos. Editorial AGT. México.
- Ede, R. 1970. Producción de semillas pratenses. Manual de Técnica Agropecuaria. Editorial Acribia. Zaragoza España p. 159.
- Febles, G. 1975. Factores que afectan la germinación. I. Factores ocurrentes., antes de la siembra. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 9 (1): 77 – 99. Cuba.

- Garay, A. E., S. Preton., P. Rosales y J. Landivar 1992. Desarrollo de sistema de semilla, el novedoso enfoque en Bolivia, ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Bolivia pp. 5 – 10.
- García S. A. 1952. Comparación del sotol y la alfalfa en la alimentación de vacas lecheras. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coah. México.
- García, G. J. 1979. El sotol. Seminario Preparado en el curso de Zonas áridas Chapingo, México.
- Gutorsom, T.J. and L.E. Wiesner. 1987. Methods for the germination of beardless wildrye (*Elymus triticoides* Buckl). Journal of Seed Technology 11(1): 1-6.
- Hartmann, H. y D. Kester, 1988. Propagación de Plantas. México D. F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. 760 p.
- Humphreys, L.R. 1980. A Guide to better pastures for the Tropics and Subtropics. Wright Stephenson and Co. New South Wales, Australia pp. 95.
- INEGI, 2000. Carta Fisiografica. Esc. 1:250, 000. SPP. México.
- INEGI, 2000. Carta de uso del suelo y vegetación. Esc. 1:250, 000. SPP. México.
- INEGI, 2000. Carta De Climas. Esc. 1:1 000 000. SPP. México.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1985. International Rules for Seed Testing Seed Sci And Tech.
- James, W.O. 1967. Introducción a la Fisiología Vegetal. Omega S.A. España pp. 233 – 240.
- Khan, A. A. 1977. The Physiology and Biochemistry Of Seed Dormancyand Germination. The Sevier / North Holland Biomedical Press pp. 30 – 50. USA.
- Krieg, D. R. and S.N. Bartee. 1975. Cotton seed density. Associated germination and seedling emergence properties. Agrom. Jour. 67 (3). 343 – 347 . USA.
- Le Page, D. M. 1990. Role des Gibberelines et de L'S Acide Absissiquedans la Germination et la Dormanes des Semences pour une Approche Dynamique Seed Science and Technology. Vol. 18: 345 – 356. The Netherlands.
- Low, H. 1985 Análisis de Semilla, Departamento de Industrias Primarias de Queensland, Meirs Road, Indooroopilly, Brisbane, Qld., Australia. pp. 406.
- Ludwing, H. 1971. La Dormanes de Semences des Graminnees et les Problemes Qui en Resultent Por les Essais de Semences Surtout en ce Qui Concerme I

aplicatiu de Acide Gibberellin. Proc. Int. Seed Test. Assoc. Vol 32 (2): 303. The Netherlands.

Marroquín S, J., L.G. Borja, C. R. Velásquez y C. J. A. de la Cruz. 1981 Estudio Ecológico Dasonómico de las Zonas Áridas del Norte de México.

Mendoza O. A. 1985. Causas y Consecuencias de la Deterioración de las Semillas. Curso Sobre Calidad de Semillas y Control de Enfermedades Transmitidas por Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Merino. A. R., G. Pantila y G. G. Manual 1969. Semillas Tercera Reimpresión Ed. Continental. S.A. México, D. F. pp. 190 – 209.

Miller, C. E. 1938. Plant Physiology. 2ª. Ed. McGrawHill – Book Company. N. Y. USA.

Molina G, J. D. 1983. Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

Molina, M. J., Estrada J. A. Livera M., y González U. A. 1990. Análisis de la Enseñanza, Producción e Investigación de Semillas de México Sociedad Mexicana de Fitogenetica. Chapingo, México. pp. 53 – 64.

Moreno M. E. 1984 El Análisis Físico y Biológico de las Semillas Agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. México D. F. pp. 103.

Moreno M. E. 1996. El Análisis Físico y Biológico de la Semillas Agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. México D.F. pp. 106.

Mott, J.J. and G.M. Mckean, 1979. Effect Of Heat Treatment In Breaking Hardseedendness In Four Species Of Stylosanthes. Seed CIA Tech. Vol 7. pp. 12- 25. The Netherlands.

Neergaard, p. 1979, Seed Pathology. Vol. 1 ed. Mc Millan Press Ltd. London.

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.

Periódico: PALABRA / Sábado 10 de Agosto del 2002. Jesús Armando González.

Philpott, R. 1981. Seed Pathology Laboratory. Mississippi State. United States. vol. 13 of Apr. 81. pp. 91 – 94.

- Potts, H. E. 1977. Semillas, Desarrollo, Estructuras y Función. Curso Sobre Producción de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Ramírez, D. J.A., 2004. Comunicación personal.
- Rivera, Q, J. R. (1987). Aprovechamiento de Candelilla, orégano y sotol en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo.
- Roberts, E. H. 1972. Viability of Seeds. Syracuse University Press.
- 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 de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Ags., México pp. 10.
- Rojas, G. M. 1982. Manual Teórico- Práctico de Herbicidas y Fitorreguladores. Ed. Limusa, México.
- Rojas, G. M. y H .R. Ramírez. 1987. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Ed. Limusa. México, D. F. pp. 849 – 852.
- Ruiz O, M., R. D. Nieto y I. Larios R. 1979. Tratado Elemental de Botánica, Ed. E. C. L. A. L. S. A. Porrúa. México, D. F. pp 128
- Ruiz 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. pp 174
- Salazar P. Maria. 2004 Perspectivas de la Producción y Comercialización del Sotol en el Ejido San Juan de Cedros, Mpio. Mazapil Zacatecas, México. Comunicación Personal.
- Semarnat. gov. mx / pfnm3/ fichas / dasylirion cedrosanum. htm. 2001
- Soplin, V.H. 1980. El Deterioro en Semillas. Publicación Miscelánea. Universidad Nacional Agraria Lima. Perú. pp. 14.
- Street, H .E. 1969. Metabolismo de las Plantas. Ed. Alambra, S.A. España. pp. 1-19.
- 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.
- Testar, B.M. 1988. Physiological Basis of crop Growth and Development American Society of Agronomy Crop Science of American United States of America pp. 51 – 53 – 90.

- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la Tecnología de Semillas Ed. ACRIBA Zaragoza, España pp. 301.
- Trelease, W. 1911. The Desert Group Nolinae. Lima. Peru. P.14 ed. Herrera Vol. #200.
- United States Department of agriculture (USDA. 1965. Semillas, Manual para el Análisis de su Calidad. Editorial Herrera, S. A.México.
- Valdez O. A. 1998. La Latencia en Semillas Forrajeras. Memoria para el Curso de Producción de Semillas Forrajeras UAAAN, México.
- Van Overbeck, J. 1970. The control of plant Growth. Plant agriculture, freeman, San Francisco, Cal. USA.
- Velásquez, C. R. 1983. El sotol. Agricultura de Zonas Áridas. Chapingo, México.
- Vegis. A. 1964. Dormancy In higher Plants. Ann. Review of Plant Physiology 15:185 - 224.
- Villarreal, Q. J. A. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. 2da. Edición. Ed. Trillas, UAAAN, Saltillo Coah. México. pp. 48 – 49.
- Villarreal, Q. J. A. 2001. Listado Florísticos de México. XXIII. Flora de Coahuila. Instituto de biología. UNAM. México, D. F.
- Weaver. J. R. 1990. Reguladores de Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed., Trillas México D.F. 622 p.
- Willian, 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. (En prensa). 36 p. Saltillo, Coah. México.