

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**



**ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LONGITUD Y ANCHO DE FIBRAS DE  
LOS ESCÁPOS DE "SOTOL" (*Dasyilirion cedrosanum trel.*)**

**Por:**

**Artemio Juárez Delgado**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para**

**Obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LONGITUD Y ANCHO DE FIBRAS DE  
LOS ESCÁPOS DE "SOTOL" (*Dasyilirion cedrosanum trel.*)**

**T E S I S**

**Como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTA:**

**Artemio Juárez Delgado**

**APROBADA**

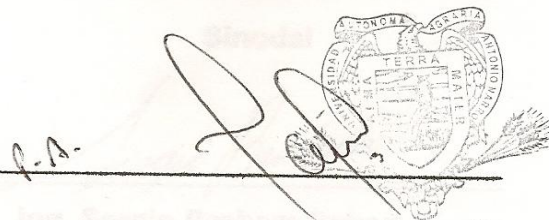
**PRESIDENTE DEL JURADO**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE AGRONOMÍA**



Departamento  
Forestal

**Ing. José Antonio Ramírez Díaz**



**Dr. Mario E. Vázquez Badillo**

Coordinación  
División de Agronomía

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LONGITUD Y ANCHO DE FIBRAS DE  
LOS ESCÁPOS DE "SOTOL" (*Dasyllirion cedrosanum* Trell.)**

**T E S I S**

**Por:**

**Artemio Juárez Delgado**

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

**INGENIERO FORESTAL**

**Aprobada por el comité de tesis**

**Asesor Principal.**



**Ing. José Antonio Ramírez Díaz**

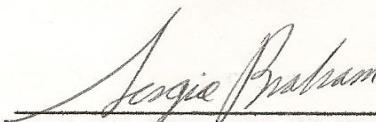
Departamento  
Forestal

**Sinodal**

**Sinodal**



**M.C. Laura María González Méndez**



**Ing. Sergio Braham Sabag**

**Coordinador de la División de Agronomía**



**Dr. Mario E. Vázquez Badillo**

Coordinación  
División de Agronomía

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México junio de 2011.**

**El presente estudio se realizó como parte del proyecto de investigación "Diversificación industrial de recursos de zonas áridas" (clave: 02-03-0207-2187) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Del cual es responsable Ing. José Antonio Ramírez Díaz.**

## DEDICATORIA

**A Dios:** por darme la vida y darme fuerzas para salir adelante en todos los momentos críticos en el transcurso de mi carrera profesional, fortaleciéndome mental y físicamente para salir siempre adelante.

**A mis padres:** Matías Juárez Pablo y Laurencia Delgado Mendoza, con gran respeto, admiración y amor, ya que gracias a ellos y a su apoyo incondicional hoy veo la culminación y avance de un escalón más en mi formación profesional. Que me han enseñado que con responsabilidad, honradez y dedicación se puede salir adelante.....gracias.

**A mis Hermanos y Cuñados (as):** José, Agustín, Tere y Beatriz y a sus respectivos esposos por todo su apoyo incondicional y por formar parte de algo que es muy importante en una Familia.....LA UNION FAMILIAR. De una manera especial quiero agradecer a mi cuñado M.C. Ignacio Ceballos Ríos (+), que aunque ya no esté entre nosotros le doy gracias por el apoyo que me brindo y por los ánimos que me dio para entrar a esta universidad.

**A mis sobrinos:** Lupita, Déniz, Marquito, Ebert y Tintín. Esperando que sea para ellos un buen Ejemplo a seguir los quiero mucho.

**A mi novia. Lizy González Mata:** Te dedico esta tesis a ti mi boniss, porque eres una parte esencial de mi vida, eres una persona muy especial en mi corazón y muchísimas gracias porque siempre me apoyas y me das ánimos de salir adelante, por que en los momentos más difíciles siempre estas con migo, muchas gracias por tu ayuda para la elaboración de esta tesis, gracias por todos tus consejos y por tu cariño que me has brindado siempre. Te amo mi boniss fiusha.

**Al Lic. Ernesto González García:** Por todos sus sabios consejos y apoyo moral, que me ha brindado a lo largo de mi carrera, muchas gracias por la confianza que ha depositado en mí. Gracias porque en los momentos difíciles me apoyaron en todos los aspectos.

**A la Lic. Cecilia Mata Vázquez:** Por su gran amor de madre que compartió con migo y por confiar en mí, gracias por sus consejos y apoyos que me ha brindado, son cosas que nunca en la vida se olvidan y siempre estará dentro de mi corazón.

**A Ximena y a Axcel González Mata:** Por su amistad que mostraron durante el transcurso de mi carrera, y por toda la ayuda que me brindan siempre por eso y muchas cosas más los quiero mucho espero que ustedes también.

**Amigos:** Zenón, Eriber, Gerardo, Toño, Pichardo, Mine, Raúl, Saúl, Rudy, Derly, Quiterio, Fernando, Arbey, Diana, Karen, etc. A todos ellos Gracias por su Amistad.

## **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.

**A la M.C. Laura María González Méndez:** por la revisión del presente trabajo y sus valiosas aportaciones sobre la redacción del mismo.

**Al Ing. Sergio Braham Sabag:** por su disponibilidad para integrarse al equipo de trabajo y, la revisión del documento.

**Al Departamento de Botánica:** por brindarme el servicio de laboratorio, apoyo y espacio de trabajo. En especial a T. A Angélica Martínez Ortiz quien gracias a su apoyo, confianza y recomendaciones, pude llevar a cabo todo el trabajo de laboratorio del presente estudio.

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

**A todos mis compañeros de la Gen CXII de la carrera de Ing. Forestal.**

**A mi novia Lizy:** por sus aportaciones y apoyo en la realización de este trabajo, gracias mi bonita, te amo.

**A Xime y Axcel:** por ayudarme en los trabajos del laboratorio (Medición de fibras)

<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	Pág.
INDICE DE FIGURAS.....	I
INDICE DE CUADROS.....	II
RESUMEN.....	III
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO.....	3
1.2 HIPÓTESIS.....	4
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Caracterización general de las zonas áridas y semiáridas de México.....	5
2.1.1 Generalidades de la planta de Sotol.....	6
2.1.2 Características morfológicas del sotol.....	8
2.1.3 Taxonomía de la planta de Sotol.....	8
2.1.4 Origen de la planta de Sotol.....	9
2.1.5 Distribución geográfica del Sotol.....	9
2.1.6 Importancia económica del sotol ( <i>Dasyilirion spp</i> ).....	11
2.1.7 El sotol como producto forestal no maderable.....	13
2.1.8 Clasificación comercial en base a su uso.....	15
2.1.9 Usos de la planta de sotol.....	16
2.1.9.1 Usos forrajeros.....	17
2.1.9.2 Alimentación humana.....	18
2.1.9.3 Construcciones rústicas.....	18
2.1.9.4 Uso artesanal.....	18
2.1.9.5 Usos ornamentales.....	18
2.1.9.6 Usos industriales (destilación de bebidas alcohólicas).....	19
2.1.9.7 Producción de Fibra.....	19
2.1.9.8 Composición Química.....	19
2.2 Variación natural.....	20
2.2.1 Variación morfológica.....	21
2.2.1.1 Traqueidas.....	21

2.2.1.2 Fibras.....	22
2.2.1.3 Longitud de fibra.....	23
2.2.1.3.1 Importancia de las dimensiones transversales de las fibras.	24
2.3 Índices de calidad de la madera.....	24
2.4 Disociación de la madera.....	24
2.5 Muestreo.....	26
<b>III MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Descripción del área de origen del material.....	28
3.1.1 Clima.....	29
3.1.2 Orografía.....	29
3.1.3 Edafología.....	30
3.1.4 Vegetación.....	30
3.2 Trabajo de campo.....	31
3.2.1 Selección de los escapos florales.....	31
3.2.2 Extracción de rodajas.....	31
3.2.3 Seccionado de las rodajas en fajas.....	32
3.3 Trabajo de laboratorio.....	33
3.3.1 Disociación del escapo floral.....	33
3.3.2 Teñido de fibras.....	33
3.3.3 Montaje de laminillas.....	34
3.3.4 Medición de fibras.....	34
3.3.5 Diseño experimental.....	35
3.3.6 Variables evaluadas.....	35
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>36</b>
4.1 Medición de fibras para la variable de longitud en hembras y machos en escapos florales de Sotol.....	36
4.2 Medición de fibras para la variable ancho en hembras y machos en escapos florales de Sotol.....	43



4.3 Comparación de medias de los promedios totales de las fibras de los escapos florales de Sotol hembras y machos midiendo longitud y ancho.....	48
<b>V. CONCLUSION</b> .....	50
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	51
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	52

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferenciación física de hembras y machos.....	9
Figura 2. Estructura Esquemática de Elementos Vasculares.....	22
Figura 3. Caracterización Física de las Fibras.....	23
Figura 4. Mapa de localización geográfica del área de estudio.....	28
Figura 5. Representación esquemática, de corte de rodaja.....	32
Figura 6. Representación esquemática de corte de rodaja, extracción seccionada de la faja del escapo floral.....	32
Figura 7. Promedio Longitudinal de fibras en los Escapos de Sotol Hembras.....	37
Figura 8. Promedio Longitudinal de fibras de los Escapos de Sotol Machos.....	39
Figura 9. Promedio del Ancho de las fibras en Escapos Florales de Sotol Hembras...	44
Figura 10. Promedio del ancho de las fibras en Escapos Florales de Sotol Machos.....	46
Figura 11. Promedios Totales de Resultados de Longitud y Ancho de las fibras.....	48

### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de longitud de fibras de escapos florales hembras, de <i>Dasyllirion cedrosanum Trel.</i> del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	36
---	----

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.01$ ) para la longitud de fibras a diferentes alturas en escapos florales hembras de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	37
Cuadro 3. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de longitud de fibras de escapos florales machos, de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> Del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	38
Cuadro 4. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.01$ ) para la longitud de fibras a diferentes alturas en escapos florales machos de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	39
Cuadro 5. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de ancho de fibras de escapos florales hembras, de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	43
Cuadro 6. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.01$ ) para el ancho de fibras a diferentes alturas en escapos florales hembras, de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> Del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	44
Cuadro 7. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de ancho de fibras de escapos florales machos, de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	45
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.01$ ) para el ancho de fibras a diferentes alturas en escapos florales machos, de <i>Dasyilirion cedrosanum Trel.</i> Del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.....	45
Cuadro 9. Clasificación de ancho de fibras de algunas especies de latifoliadas y coníferas de acuerdo con Ortega <i>et al.</i> : 1998.....	47
Cuadro 10. Medidas de tendencia central de las dimensiones longitud, y ancho, de las fibras de los escapos florales del sotol ( <i>Dasyilirion cedrosanum</i> ), del ejido Tanque Nuevo, Parras De La Fuente, Coahuila.....	47

## RESUMEN

### ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE LONGITUD Y ANCHO DE FIBRAS DE LOS ESCÁPOS DE "SOTOL" (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.)

El sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel), es una planta silvestre, nativa de México. Esta planta pertenece a la familia Nolinaceae, la cual comprende cerca de 200 géneros y 2500 especies ampliamente distribuidos (Cronquist, 1981). Se le encuentra en regiones de clima árido y semiárido en el tipo de vegetación denominado Matorral Xerófilo, que ocupa el 40 % de superficie del país y por consiguiente el más vasto de todos los tipos de vegetación de México (Rzedowski, 1998). El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Anatomía de la madera, con el objetivo de determinar bajo condiciones de laboratorio las variaciones de longitud y ancho de fibras en los escapos florales del sotol *Dasyilirion cedrosanum* Trel. El diseño experimental que se utilizó para el presente trabajo fue: Bloques al azar con 2 bloques, 3 tratamientos y 10 repeticiones, con un total de 40 escapos florales 20 hembras y 20 machos. En la presente investigación se evaluaron las siguientes variables: a) longitud de fibras para hembras y machos en tres alturas para cada uno de los escapos a .30m, 1m, y 2m, de altura b) ancho de fibras para hembras y machos en tres alturas para cada uno de los escapos a .30m, 1m, y 2m, de altura. El análisis de varianza realizado para la variable de longitud en hembras y machos mostro una diferencia altamente significativa para todos los tratamientos en cuanto a altura del escapo floral, pero esta diferencia no se mantuvo entre individuos ya que mostro no significancia. La media general estimada de longitud de fibras de escapos florales hembras y machos de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), muestreados en el ejido Tanque Nuevo, Parras de la Fuente, Coahuila, fue de 1.36mm y 2.14mm respectivamente, y con un valor mínimo de 0.71mm y 1.28mm, también presentan un valor máximo de 4.02mm y 4.53 respectivamente, registrando un coeficiente de variación de 25.98 % y 20.17%, estos valores presentados se obtuvieron de 1200 fibras medidas, las cuales corresponden a 600 hembras y 600 machos. La media general estimada en ancho de fibras de escapos florales hembras y machos de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), muestreados en el ejido Tanque Nuevo, Parras de la Fuente, Coahuila, fue de 45 micras y 27 micras respectivamente, y con un valor mínimo de 38 micras y 19 micras, también presentan un valor máximo de 54 micras y 36 micras respectivamente, registrando un coeficiente de variación de 6.69 % y 15.05 %, estos valores presentados se obtuvieron de 1200 fibras medidas, las cuales corresponden a 600 hembras y 600 machos.

**Palabras clave:** Sotol escapo floral "quiote", longitud y ancho de fibras, disociación de Franklin.

## I. Introducción

En México, las zonas áridas y semiáridas ocupan más del 50% del área total; siendo aproximadamente 1,450,000 km<sup>2</sup> donde las condiciones climáticas y ecológicas permiten únicamente el desarrollo de ciertas especies vegetales (Rivera, 1987).

El Sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) perteneciente a la familia Nolinaceae, es una especie silvestre nativa de México (Cronquist, 1981), se le encuentra en regiones de clima árido y semiárido en el tipo de vegetación Matorral Xerófilo, que ocupa el 40 % de la superficie del país (Rzedowski, 1998). En México, las zonas áridas y semiáridas permiten el crecimiento de especies como el sotol, la cual es una especie de mucha importancia para la población del norte de México por ser una fuente de ingresos (Palma, 2000 y Vázquez, 2001).

Padilla (1982) menciona que las traqueidas en la madera son células largas de paredes gruesas, y su función principal es de sostén y conducción, con extremos afilados y paredes porosas sin perforaciones reales. En cambio (Tamarit, 1996) menciona que la importancia que tienen éstas en sus dimensiones transversales radica en que contribuye de manera positiva o negativamente en el tipo y calidad del producto producido, además afirma que el grosor de la pared celular depende de el grosor de las traqueidas y que entre menor sea el tamaño de estas mejor en resultados se podrán esperar ya que tienden a colapsarse y acomodarse, con mayor facilidad, además de que existen uniones más compactas y fuertes y una mayor resistencia a la tensión, comprensión y rasgado.

El conocimiento de las dimensiones longitudinales de las fibras del qurote de sotol es de gran importancia, debido a que en la actualidad solo se aprovecha la piña del sotol para la elaboración de bebidas alcohólicas y las hojas como forraje para ganado, y muchas veces el qurote de sotol es desperdiciado o se utiliza como cercas de ganado. Por lo tanto, una vez sabiendo la estructura de las fibras del

escapo de sotol se podrá determinar un uso específico, el cual se pretende que sea una sustitución a la madera para la elaboración de productos ligeros y de buena calidad al grado que lleguen a competir con los productos nacionales e internacionales, con esto se podrían mejorar los ingresos económicos en las áreas semiáridas y se estaría dando un uso agregado, así el sotol como planta se utilizaría al 100%. Además, existe un gran desconocimiento técnico sobre el recurso que se pretende aprovechar, por lo cual, es de suma importancia desarrollar trabajos y líneas de investigación tendientes a generar metodologías validadas que permitan generar los criterios apropiados para dictar normas adecuadas para el manejo y aprovechamiento racional y sostenido de las poblaciones naturales del sotol, ya que constituye un recurso de creciente importancia económica por la diversidad de productos y usos que de él se derivan.

## **1.1 Objetivo general**

El objetivo general del presente trabajo es estimar el nivel y la magnitud de la variación de la longitud y ancho de fibras de los escapos florales del "sotol" (*Dasyilirion cedrosanum*) en diferencia de hembras y machos del Ejido Tanque Nuevo, Parras De La Fuente Coahuila.

### **Los objetivos específicos son:**

- a) Determinar el valor promedio de la longitud y ancho de las fibras de los escapos florales "sotol" (*Dasyilirion cedrosanum*), hembras y machos.
  
- b) Estimar la magnitud de variación de la longitud y ancho de fibras de los escapos florales de "sotol" (*Dasyilirion cedrosanum*), a diferentes alturas, y entre hembras y machos.

## **1.2 Hipótesis**

Las hipótesis propuestas para el presente trabajo son:

**Ho:** No existen diferencias en la longitud y ancho de fibras de los escapos florales del "sotol" a diferentes alturas, entre hembras y machos.

**Ha:** Existen diferencias en la longitud y ancho de fibras de los escapos florales del "sotol" a diferentes alturas, entre hembras y machos.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Caracterización general de las zonas áridas y semiáridas de México

Las zonas áridas de México se han definido prácticamente como: "aquellas regiones del país donde se cuenta con menos de 350 mm de lluvia anual la cual se presenta con una errática distribución, su temperatura media anual oscila entre 15 y 26 grados centígrados y generalmente cuenta con 8 a 12 meses de sequía; siendo su cubierta vegetal menor del 70% la cual está dominada por especies xerofíticas". En las regiones con dominancias de climas semidesérticos se forman las "Zonas Semiáridas" definidas como: Aquellas regiones del país donde se cuenta con una precipitación pluvial que oscila entre 350 y 600 mm por año, la cual se presenta también con una errática distribución. Su temperatura media anual oscila entre 18 y 24 grados centígrados y generalmente cuenta con 6 a 8 meses de sequía; siendo su cubierta vegetal mayor del 70% la cual está dominada principalmente por matorrales y pastizales. De acuerdo a lo anterior estas zonas se localizan en 21 entidades federativas de la República mexicana de las cuales corresponden a las zonas áridas 55, 454,000 ha y a las zonas semiáridas 33,547, 000 ha que en conjunto las zonas áridas y semiáridas del país representan el 45.3% de la extensión territorial, totalizando 89, 001, 000ha, (COTECOCA, 1998).

Las zonas desérticas que se reconocen en nuestro país son las siguientes (SHREVE, 1951 y RZEDOWSKI, 1978):

1).- Desierto de Sonora que abarca la mayor parte del Estado de Sonora y la península de Baja California.

2).- Desierto Chihuahuense, en la altiplanicie mexicana entre las Sierras Madre Oriental y Madre Occidental desde los Estados norteamericanos de Arizona, Nuevo México y Texas pasando por los de Chihuahua y Durango, hasta su límite meridional en el Estado de San Luis Potosí, en México.



3).- Desierto Hidalguense, constituido por dos regiones aisladas, una en la cuenca del río Estorax en el centro del Estado de Querétaro y la otra en el Valle del Mezquital del Estado de Hidalgo.

4).- El Valle de Tehuacan-Cuicatlan, que es una pequeña región en el sureste del Estado de Puebla y porciones adyacentes del Estado de Oaxaca.

### **2.1.1 Generalidades de la planta de Sotol.**

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).

El género *Dasyllirion* 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, (SEMARNAT, 2001).

El género *Dasyllirion* se caracteriza por tener una raíz fibrosa poco profunda ramificada y extendida, la cual surge 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 a 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, (Velásquez, 1983).

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 alongado 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 trigonas, (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, (Sánchez, *et al*; 2007).

### 2.1.2 Características morfológicas del sotol

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 liliáceas (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, los cuales también son considerados entre las amarilidáceas, (Sánchez *et al*; 2007).

### 2.1.3 Taxonomía de la planta de Sotol

La clasificación taxonómica del sotol es la siguiente:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Lilidae
Orden	Liliales
Familia	Nolinaceae
Género	<i>Dasyilirion</i>
Especie	<i>Cedrosanum Trel.</i>

Planta masculina



Planta femenina



Fuente: fotos tomadas de campo.

**Figura 1. Diferenciación física de hembras y machos**

#### **2.1.4 Origen de la planta de Sotol.**

*Dasylirion* 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 *Dasylirion acrotichum*, menciona también a esta planta como originaria de Real del Monte y mandada a los Jardines Reales de Londres por Mr. Repper.

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

#### **2.1.5 Distribución geográfica del Sotol.**

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 *Dasyilirion*:

- *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. en el 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).

De cualquier manera sólo 3 de estas plantas tienen características y propiedades para ser utilizadas en la industria del alcohol (*Dasyilirion cedrosanum*, *Dasyilirion*

*palmeri* y *Dasyilirion leiophyllum*) Trelease, (1911). La especie *Dasyilirion cedrosanum* es la más común en el Estado de Coahuila, sobre todo en el centro y sur; ésta especie también se puede encontrar en lugares donde crecen otras especies como *Dasyilirion duranguense* 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 *D. 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, (Salazar, 2000).

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 de Zacatecas con la creación de empresas dedicadas a su producción y no sólo vivir de la siembra de maíz y frijol, como tradicionalmente se hace, (Villarreal, 1998).

### **2.1.6 Importancia económica del sotol (*Dasyilirion spp*)**

Bravo (1978), Dentro del ámbito de la producción agropecuaria clasifica dos grandes categorías: Los productos tradicionales y los no tradicionales

Los productos tradicionales: Son aquellos 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 no tradicionales (PNT); definiciones:

- 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 mayor o menor 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).
- 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, etc.) considerados también en los PNT. (Coello, 2003).

De acuerdo a lo anterior el sotol podría considerarse dentro de la clasificación de los productos no tradicionales pues se adapta a las definiciones que se mencionaron anteriormente, aunque los tequilas y mezcales ya son conocidos y comercializados a gran escala tanto a nivel nacional como a nivel internacional, el sotol comienza a tener demanda en estos nichos de mercado, (Ruiz, 2001).

### **2.1.7 El sotol como producto forestal no maderable**

González, (2000), ha clasificado a los productos obtenidos del recurso forestal de acuerdo a su naturaleza u origen como:

a) Productos forestales maderables: son todos aquellos obtenidos de material leñosos de ramas, raíces de árboles y arbustos.

b) Productos forestales no maderables: comprenden una gran gama de productos obtenidos de árboles, arbustos y arbustivas como son; resinas, gomas, látex, ceras, aceites, taninos, follaje, semillas, nueces, flores, plantas completas, etc.

c) Productos faunísticos: son todos aquellos derivados de los animales silvestres.

Existe otra clasificación de los productos forestales de acuerdo al trabajo o transformación que se le haya impuesto y estas son:

a) Productos de la extracción forestal: son aquellos que se originan como consecuencia de la primera fase del aprovechamiento del recurso forestal; a través de las operaciones de apeo y troceó de la vegetación arbórea; de la recolección de resinas, gomas, semillas, hojas, etc. y de la cacería de animales vivos y muertos.

b) Productos de la industria forestal primaria: son aquellos obtenidos de la primera etapa de industrialización a través de procesos mecánicos, químicos y ambos combinados.

c) Productos de la industria forestal secundaria: son aquellos obtenidos a través de procesos mecánicos y químicos en fases secundarias de industrialización. (INF-SAG, 1976).

De acuerdo a los criterios anteriores el sotol es considerado como un producto forestal no maderable y después de su procesamiento en las "vinatas" rusticas se



le puede considerar como un producto de la industria forestal primaria, (García, 1952).

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. Velásquez, 1893, así mismo Cronquist, 1986 menciona que 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 lechuguilla*), orégano (*Lippia spp.*), nopal (*Opuntia spp.*), palmilla o cortadillo (*Nolina spp.*), numerosas cactáceas (*Pereskiaopsis spp.*, *Hylocereus spp.*, *Mammillaria spp.*, *Lophophora williamsii*, etc.), magueyes (*Agave spp.*), piñón (*Pinus cembroides*), gobernadora, (*Larrea tridentata*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), el palo fierro (*Olneya tesota*) la yuca (*Yucca carnerosana*, *Yucca spp.*), el sotol (*Dasyliirion 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 productos; 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, (Sánchez *et al*; 2007).

### **2.1.8 Clasificación comercial 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. (Pérez *et al*; 2003).

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, (Ordoñez, 1999). Así mismo menciona que 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, (Rzedowsky, 1979). Además menciona que 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 lechuguilla*), 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, (Sánchez, 2007).

### **2.1.9 Usos de la planta de sotol**

El sotol es un producto forestal no maderable del cual se considera que no es susceptible en el corto plazo de impulsar su aprovechamiento intensivo; que está sujeto a la naturaleza ya que es una especie vegetal de zonas áridas componente del matorral desértico rosetofoilo y del matorral crasorosulifolio espinoso de zonas semiáridas que por naturaleza son ecosistemas muy frágiles, además de estar 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, tallo y plantas completas de vegetación forestal. 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 tatemar 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. (Rivera, 1987). 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 a aquellas localizadas en áreas muy marginadas. (Velázquez, 1983).

#### **2.1.9.1 Usos forrajeros**

Se utiliza ampliamente para la alimentación del ganado, debido a su alto porcentaje de carbohidratos, proteínas y fibras. (Castellano y Vergara, 1983). Como otras plantas del sotol también se echa mano en los tiempos de sequía en las zonas desérticas del país para alimentar al ganado, por tradición se sabe que entre los rancheros del Estado de Coahuila y posiblemente en todos los demás Estados de la república donde más abunda esta planta se utilizan las cabezas o sea las porciones centrales de las plantas, junto con las bases de las hojas de varias especies de *Dasyllirion*, y que 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 periodos prolongados (SEMARNAT, 2001).

García, (1952) realizó un análisis sobre la composición química de los bulbos verdes y secos del sotol obteniendo un total de 26.2% 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.

### **2.1.9.2 Alimentación humana**

Al tatar el eje central de la inflorescencia en forma similar a como se hace con los "quiores" de maguey, el sotol también puede utilizarse como alimento y se dice también que los granos tiernos de la inflorescencia también pueden consumirse, (Alonso, 2003).

### **2.1.9.3 Construcciones rústicas**

Las hojas del sotol se utilizan para techar las chozas y los "quiores" o vastagos de la inflorescencia se utilizan para entramado de techos y bardas rústicas, (Alonso, 2003).

### **2.1.9.4 Uso artesanal.**

Las hojas de varias especies del *Dasyllirion* se usan en escala doméstica para tejido de petates, sombreros, canastas, sopladores de fuego, etc. se ha contado también que la fibra de algunas especies de sotol presentan características para la elaboración del papel (Molina, 1983).

### **2.1.9.5 Usos ornamentales**

Las porciones basales de las hojas de diversas especies de sotol, que por su forma peculiar reciben el nombre de "cucharitas" , se emplean para decorar interiores e 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, bulevares, casas, mercados, etc. (SEMARNAT, 2001).

### **2.1.9.6 Usos industriales (destilación de bebidas alcohólicas)**

El uso más importante y extendido de la planta de sotol, es la fabricación de "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, (Alonso, 2003).

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 licor se requieren 2 "piñas" que en promedio, cada una pesa de 15 a 20 kilogramos requiriéndose de 12 a 15 días para la elaboración de la bebida alcohólica; generalmente se cuecen alrededor de 300 cabezas lográndose una producción de 150 litros por "quemada" misma que se lleva a cabo cada quince días con la cual se obtienen una producción mensual de más o menos 300 litros de "sotol".

### **2.1.9.7 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 las hojas de algunas especies de sotol presentan características para elaboración de papel, (Molina, 1983).

### **2.1.9.8 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).

## **2.2 Variación natural**

“La variación es un componente de la biodiversidad”, la biodiversidad es la resultante de: a) variación, b) especiación (a través de los procesos combinados de mutación, recombinación genética, sexualidad, aislamiento en suma de la Evolución biológica) porque representa la riqueza de los recursos genéticos y para manejarlos se tiene que medir sus niveles y patrones de variación. La variación genética reside dentro de la especie, entre y dentro de las poblaciones, (Furnier, 1986).

La variación es la tendencia que se manifiesta en los individuos a diferenciarse unos de otros; es decir, el fenómeno mediante el cual los descendientes de un par de progenitores difieren no sólo entre sí, sino en relación con los que les dieron origen, (De La Loma, 1982).

La variación en las plantas puede ser causada por diferencias ambientales y genéticas. La primera puede controlarse y manipularse mediante prácticas de manejo, sin embargo, es la causa más importante de la variabilidad en algunas características como el crecimiento, la forma y la calidad, (Zobel y Talbert, 1988). Y la variación genética (dentro de la especie) es suficientemente pequeña como para poder reconocer los descendientes de la misma especie de sus progenitores, y suficientemente grande como para poder distinguir entre individuos de la misma especie; así por variación genética se entiende la riqueza o diversidad combinatoria de los materiales hereditarios (variación) asociada dentro de especies y se transmite de generación a generación, (Jara, 1995).

### **2.2.1 Variación morfológica**

La variación morfológica indica la tendencia y dirección de la evolución dentro de las poblaciones y especies. En general, la variación morfológica se entiende como las diferencias de la forma y estructura de un organismo durante el crecimiento y reproducción, (Cronquist, 1977).

La variabilidad entre sitios en una procedencia presenta algunas diferencias bastantes grandes relacionados con distintos sitios; con frecuencia estas diferencias no están determinadas genéticamente y sólo representan los efectos de diferentes ambientes sobre el crecimiento y desarrollo del bosque, (Zobel y Talbert, 1988).

#### **2.2.1.1 Traqueidas**

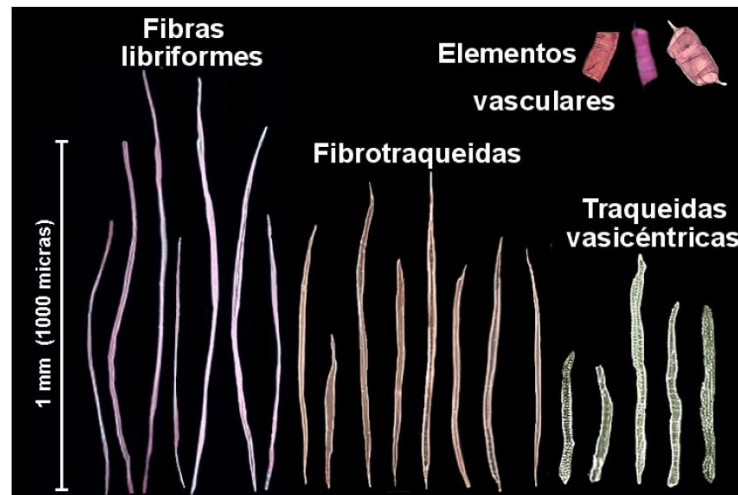
El término de traqueidas fue introducido por Sanio en 1863, quien estudió las similitudes y diferencias entre éstas y las tráqueas (Esau, 1976). Las traqueidas constituyen la mayor parte de la madera de las coníferas. Se trata de células estrechas y alargadas, con paredes terminales ahusadas y puntiagudas y paredes secundarias bien desarrolladas, lignificadas con un lumen bien desarrollado y sin contenido vivo en la madurez (Cronquist 1977; Stevenson y Martens, 1980; Hunt y Garrat, 1962).

Las traqueidas son de longitud muy variable, incluso en la misma especie; fluctúan entre 5, 7 y 9 mm entre las coníferas comunes; la longitud media general para todas las especies es aproximadamente de 3.5 mm. En general, las traqueidas son cien veces más largas que anchas y el diámetro de la luz (cavidad celular) oscila entre 0.005 y 0.05 mm (Hunt y Garrat, 1962). Así por ejemplo, en *P. patula* el largo de traqueida es de 3.21 mm, en *P. rudis* de 3.36 mm y en *P. teocote* es de 3.79 mm (Feria y Eguiluz, 1989).



### 2.2.1.2 Fibras

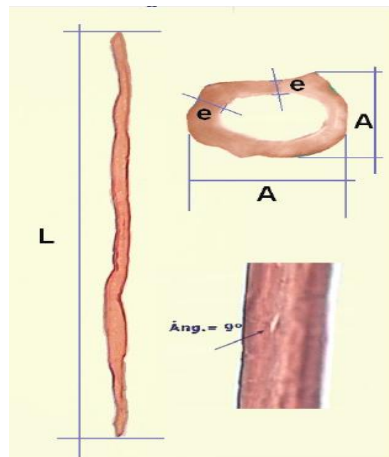
Las fibras son como las traqueidas de las coníferas elementos extendidos en longitud. Se diferencian de ellas que son de menor longitud, 0,7 a 1,5 mm, y su ancho también menor. La combinación de parámetros le da una relación largo ancho menor que el de las traqueidas, y ello está de acuerdo con la menor resistencia físicomecánica de las pulpas y papeles producidos con ellas. Se pueden distinguir dos tipos de fibras diferentes: uno de ellos formado por elementos relativamente cortos, anchos y de paredes finas denominados fibrotraqueidas, y otro compuesto de células más largas y finas llamadas fibras libriformes. La proporción de los dos grupos depende principalmente del sitio del tronco que se considera, habiendo una tendencia general a que las fibras libriformes aumenten desde la médula al cambium y desde la base a la copa. Hay un tercer grupo morfológico compuesto de pocos elementos que son las llamadas traqueidas vasicéntricas que comprende elementos alargados pero de mucha menor longitud que las fibras, que poseen un eje sinuoso y gran cantidad de puntuaciones, (Núñez, 2004).



**Figura 2. Estructura Esquemática de Elementos Vasculares.**

### 2.2.1.3 Longitud de fibra.

Se denomina longitud de fibra a la distancia medida por el eje longitudinal entre un extremo y otro de la fibra. Si bien se puede medir en los cortes de tejidos, para este caso conviene hacerlo en disgregados, puesto que en la madera las fibras están tensionadas y el parámetro medido en los disgregados se asemeja más a la forma que va a tener el elemento en la hoja de papel. La longitud de fibra depende de varios factores, siendo el principal el genético, en segundo lugar el sitio del tronco del que se sacó y en tercer lugar en importancia la historia del árbol, es decir cómo fue plantado, el tipo de suelo, si fue fertilizado, podado, etc. Desde el punto de vista de la dispersión de valores también el principal es el genético, siendo los otros de menor importancia. La dispersión de valores es un dato a tener en cuenta porque puede ser muy alta. En el Eucalyptus por ejemplo para una misma rodaja se pueden encontrar longitudes entre 0,3 y 1,4 mm. Se definen cuatro parámetros morfológicos que poseen mayor o menor influencia en las propiedades de la madera. Ellos son: longitud de fibra, ancho de fibra, espesor de pared de fibra y ángulo fibrilar, (Nuñez, 2004).



**Figura 3. Caracterización Física de las Fibras.**

### **2.2.1.3.1 Importancia de las dimensiones transversales de las fibras**

Las dimensiones transversales de las fibras son de importancia fundamental para el estudio de la variación, para todas aquellas especies de importancia económica, ya que se requiere un amplio conocimiento de sus características anatómicas y morfológicas de las células, que ocasionan variaciones en las características de la madera, las cuales influyen directamente en sus propiedades tecnológicas: densidad de la madera, proporción de la madera temprana y tardía, (Torres y Eguiluz, 1989).

Las dimensiones de las fibras contribuyen positivamente o negativamente con el tipo y calidad del papel producido (Luna, 1983), a la vez que determinaran si una madera es apropiada para producir pulpa de una determinada calidad (Tamarit, 1996).

### **2.3 Índices de calidad de la madera**

Los índices de calidad de las pulpas constituyen una magnífica ayuda para saber de antemano lo que se puede esperar al emplear tal o cual madera. Los índices de calidad son diferentes relaciones entre las dimensiones de las fibras, las cuales influyen de manera directa, indirecta o bien complementaria sobre las características generales de la pulpa, tales como densidad, volumen, resistencia al paso del agua y del aire, resistencia a la tensión, a la expansión, al rasgado y a las propiedades que determinan la impresión (Tamarit , 1996).

### **2.4 Disociación de la madera**

Los métodos de maceración que pueden utilizarse para obtener células aisladas de los tejidos leñosos son diversos. Algunos de los más recomendados en la literatura son los siguientes: el método de maceración, mezcla de maceración; tratamiento especial de madera dura; método de Franklin; método de oxalato de amonio; métodos de Schultze; de Jeffrey y de Harlow (Roth, 1964; Curtis, 1986).

El método de maceración es especial para tejidos leñosos; consiste en hervir el material algunas veces y dejar enfriar alternativamente hasta que el aire se escape. Después se aplica una mezcla especial en que los objetos tienen que estar hasta que las lamelas medias se disuelven y así las células se separan unas de otras (Roth, 1964).

En la mezcla de maceración se combinan partes iguales de una solución acuosa de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) al 50% y una solución acuosa de ácido crómico al 50%. Se depositan muestras de madera en esta mezcla y se deja el material al menos por 24 horas. En casos especiales pueden ponerse los objetos a mayores temperaturas para acelerar el proceso de maceración. Luego se lavan los objetos en agua. Después puede colorearse el material con safranina al uno por ciento durante seis horas. El método es especialmente recomendable para hacer visibles los distintos elementos del xilema secundario (Roth, 1964).

En el tratamiento especial de madera dura hay que ablandar el material con ácido fluorhídrico (HF). Se usa una solución acuosa con 1/3 de HF y 2/3 de agua destilada. La madera se seca, se trata con ácido fluorhídrico y se hierve alternativamente, luego se transfiere el material con agua fría y se saca el aire con una bomba de vacío (Roth, 1964).

En el método de Franklin la prueba se hace con ácido acético glacial y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) al 30%. A cada frasco se le agrega una solución compuesta de 2 ml de cada sustancia, posteriormente los frascos se incuban a  $70^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 horas (Curtis, 1986).

En el método de oxalato de amonio, el cual es útil para material no leñoso, la muestra se cubre con una mezcla de etanol al 96% y ácido clorhídrico (HCL) concentrado, en proporción de 3:1, durante 24 horas o más. Después el material se lava con agua destilada y se transfiere a una solución acuosa de oxalato de

amonio al 0.5 %. En unos cuantos días, dependiendo del material, los tejidos pueden separarse fácilmente con agujas (Curtis, 1986).

En el método de Schultze, el material se deposita en un tubo de ensayo y se cubre con HNO<sub>3</sub> concentrado, se agregan unos cristales de clorato de potasio y se calienta con muchísimo cuidado (es muy peligroso). Cuando se haya blanqueado el material, se lava bien con agua destilada y se desintegra con perlas de vidrio o con agujas (Curtis, 1986).

En el método de Jeffrey es necesario dejar durante unos días el material en un tubo de ensayo cubierto con una mezcla de ácido crómico al 10% y ácido nítrico al 10% con proporción 1:1. El proceso puede acelerarse si los tubos de ensayo se meten en una estufa entre 40 a 50°C. Después se lava bien el material y se desintegra (Curtis, 1986).

En el método de Harlow, se hierve el material en un tubo de ensayo con agua de cloro durante unas horas y se lava bien con agua. Luego se hierve en una solución acuosa de sulfato de sodio al 3% durante aproximadamente 15 minutos, se lava bien el material y se desintegra (Curtis, 1986).

En diversos trabajos de coníferas el más empleado ha sido el método de Franklin, así por ejemplo Torres y Eguiluz (1988) lo emplearon en *P. patula*, *P. rudis*, *P.oaxacana* y *P. teocote*; por su parte Feria y Eguiluz (1989) lo utilizaron en *P.maximinoi*, *P. oocarpa* y *P.michoacana*; y Rodríguez, (1998) lo empleó en *P. rudis*.

## **2.5 Muestreo**

En el trabajo estadístico es importante saber cuándo estamos trabajando con una población completa de observaciones, o una muestra de observaciones seleccionada de una población específica (Maldonado, 2004).

El propósito del muestreo es que sea más eficiente. Su objetivo es desarrollar métodos de selección de muestras y de estimación, que proporcionen información requerida y la precisión deseada para ciertos propósitos (Cochran, 1982). El muestreo propiamente dicho consiste evidentemente en la obtención efectiva de la muestra, esto es la recolección de datos que la constituyen y será conveniente cuando constituya la solución de mayor eficiencia (Ozorio, 1972).

En el caso de estudios de variación donde existe diversos efectos y niveles de variación se recomienda el diseño anidado o jerárquico (Cochran, 1982; Zobel y Talbert (1988)).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción del área de origen del material

El área donde se colectaron los escapos florales para realizar el presente trabajo se localiza en el Ejido Tanque Nuevo, Parras De La Fuente Coahuila. Las coordenadas geográficas son  $101^{\circ} 43' 40''$  longitud oeste y  $25^{\circ} 12' 52''$  latitud norte, a una altitud de 1950 msnm y cuenta con una superficie de 10,000 hectáreas. El Municipio de Parras De La Fuente se localiza en la parte sur central del Estado de Coahuila, entre las coordenadas  $101^{\circ} 01'$  al  $102^{\circ} 56'$  longitud oeste y del  $24^{\circ} 47'$  al  $26^{\circ} 21'$  latitud norte. Este Municipio colinda al norte con los Municipios de San Pedro, Cuatro Ciénagas, y Ramos Arizpe; al este con los Municipios de Ramos Arizpe, General Cepeda y Saltillo; al sur con el Municipio de Saltillo, el Estado de Zacatecas y el Municipio de Viesca; al oeste con los Municipios de Viesca y San Pedro. Se divide en 175 localidades, (INEGI 1996).

La cabecera municipal se sitúa en las coordenadas  $102^{\circ} 11' 10''$  longitud oeste y  $25^{\circ} 26' 27''$  latitud norte, a una altura de 1,520 metros sobre el nivel del mar. Se localiza a una distancia aproximada de 157 Km. de la capital del Estado; el municipio cuenta con una superficie de 9,271.7 kilómetros cuadrados, que representan un 6.12 % del total de la superficie del Estado de Coahuila. (Gob. Del Edo. 2003)

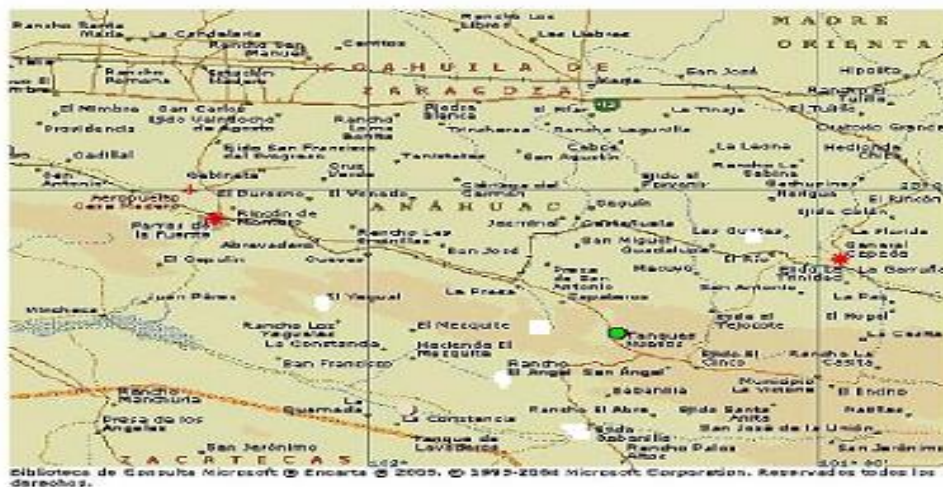


Figura 4. Mapa de localización geográfica del área de estudio

### **3.1.1 Clima**

Los climas predominantes de la región, son los de tipo desértico BW, que en forma práctica se pueden dividir en dos variantes:

El clima muy seco, con invierno fresco y lluvias en verano (BW<sub>hw</sub>), se presenta en el 58.83% del área municipal. El seco semicálido con lluvias en verano (B<sub>so</sub>hw) cubre una superficie del 20.89% en el norte y alrededor de Parras. El clima seco con verano cálido y lluvias en verano (B<sub>SO</sub>kw) ocupa una superficie del 12.34% en el norte y sureste y el semiseco con lluvias y verano cálido se ubica principalmente en la sierra La Panocha. (INEGI 1996).

La temperatura media anual en el municipio es de 14 a 18°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 200 a 400 milímetros en la parte norte del municipio y el centro de 400 a 500 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, y escasas en noviembre, diciembre, enero y febrero; los vientos predominantes tienen dirección noreste con velocidad de 15 a 23 Km./hr. La frecuencia anual de heladas es de 0 a 20 días en la parte centro y en el extremo sur de 20 a 40 días, y granizadas en la parte norte 0 a 1 día y en la parte centro-sur y sureste es de uno a dos días. (INEGI 1996).

### **3.1.2 Orografía**

La llanura es la topografía que domina (con el 41.95%) y en el Municipio se localizan las llanuras Laguna de Mayrán, Norte, Viesca y Parras y se encuentran a una altitud de 1,100 msnm. Las sierras se ubican al sur ( Sierra La Panocha, General Cepeda y El Laurel) a una altitud de 1,100 a 2,800 msnm y las bajadas que se encuentran después de las sierras ocupan el 19.37% de la superficie (Bajadas Gómez Farias, El Muerto y Santa Bárbara).



Las áreas de valles y meseta ocupan un 1.04 y 3.56%, respectivamente. (INEGI 1996)

### **3.1.3 Edafología**

En el sistema montañoso y en áreas de meseta (37.78%) hay suelos litosoles que se caracterizan por ser someros y en las áreas de llanura y bajada se encuentra el Xerosol cálcico (17.20%). En zonas de llanura y bajada (13.21%) se distribuye el Xerosol háplico que tiene una capa superficial de color claro y muy pobre en humus y el Solonchak órtico de altos contenidos de sales se encuentra en la llanura de Marte (11.91% de la superficie). Otros suelos corresponden al Regosol Calcárico, el Yermosol cálcico, Yermosol háplico, Rendzima y Vertisol pélico. (INEGI 1996)

### **3.1.4 Vegetación**

El matorral desértico rosetófilo se encuentra en sierras y bajadas, en un 48.35% de la superficie. La especie dominante es *Agave lecheguilla* y las más comunes son *Parthenium argentatum*, *Jefea brevifolia*, *Opuntia microdasys*, *Fouquieria splendens*, *Jatropha dioica*, *Dasilyrion cedrosanum*, *Agave spp.* etc. El matorral desértico micrófilo ocupa un 30.06% de la superficie en áreas de llanura y bajada, dominado por *arbustos* como *la Larrea tridentada*, que es la más frecuente y las asociadas más comunes son *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum*, *Prosopis glandulosa* y *Acacia neouvernica*. La vegetación halófila y gypsófila está determinada por las condiciones edáficas locales donde se propicia la acumulación de sedimentos salinos, con comunidades de los géneros *Atriplex*, *Allenrolfea*, *Suaeda*, *Distehliz*, *Sporobolus*, *Sesuvium* y *Lycicum* presente en las llanuras Laguna de Mayrán y Viesca en una superficie del 12.3%. El zacatal es la vegetación dominada por gramíneas, y cubre un 3.92% en el centro del municipio. La vegetación que domina es el zacatal en combinación con arbustos y cactáceas como *Bouteloua gracilis*, *Aristida Spp*, *Bouteloua spp*, *Lycurus phleoides*, *Muhlenbergia spp*, *Stipa eminens*, etc.

En la parte más alta de la sierra La Panocha se distribuye el bosque de pino y pino-encino que ocupan una superficie del 0.73%. (INEGI, 1996).

## **3.2 Trabajo de campo**

### **3.2.1 Selección de los escapos florales**

Primeramente se acudió al ejido Tanque Nuevo, Parras de la Fuente Coahuila, en una camioneta para realizar la colecta de los escapos florales, la colecta fue al azar es decir no hubo preferencia para el derribo, en un total se colectaron 30 machos y 30 hembras, con la ayuda de un serrucho se derribaba y con un marcador permanente se marcaba en la parte de abajo según era el sexo.

Cuando se termino la colecta de los escapos florales, se amarraron con alambre en montones de 10, esto con la finalidad de facilitar el momento de subir y bajar el material de igual forma ayudar a que los escapos en el tiempo de secado (que fue 2 meses al aire libre) no sufrieran torceduras y de esta forma ser más eficiente en el trabajo deseado.

### **3.2.2 Extracción de rodajas**

Ya estando listo el material, con una humedad de 12% aproximadamente se eligió 20 hembras y 20 machos para la obtención de las rodajas con un flexómetro se midieron el largo del escapo floral tanto de hembras como de machos y se obtuvo un promedio de 3 a 4 metros aproximadamente. Pero generalmente 2.5 metros del escapo se encuentra libre de flores y ramas.

Después se obtuvo una rodaja a .30m, 1m, y 2m esta medida se tomo en cuenta para todos los escapos hembras y machos, la medida de la rodaja fue de 1.2 centímetro, de grosor y de diámetro por lo que el escapo medía ya que varía de 1, a 3 pulgadas de diámetro aproximadamente.

### 3.2.3 Seccionado de las rodajas en fajas

Cada rodaja se seccionó en fajas de aproximadamente 1 Centímetro de ancho, 1 cm de grosor y el largo igual al diámetro de las rodajas.



**Figura 5. Representación esquemática, de corte de rodaja.**



**Figura 6. Representación esquemática, de corte de rodaja, extracción seccionada de la faja del escapo floral.**

Posteriormente cada faja se secciono con un formón, en partes pequeñas de 0.5 cm de grosor aproximadamente, de tal forma que cupiera en la entrada del frasco de vidrio de 20 ml, ya que cada frasco contenía de 3 a 5 pedacitos según era el tamaño de la muestra ya estando la muestra dentro del frasco, se tapo y finalmente se etiqueto. De la siguiente manera; sexo Hembra o Macho, altura a

.30m se tomó como basal; a 1m mitad; a 2m apical, en seguida el número del escapo; por ejemplo: H-B-10 que significa. Hembra, basal, escapo 10.

### **3.3 Trabajo de laboratorio**

#### **3.3.1 Disociación del escapo floral.**

Para realizar la disociación de los escapos florales en el presente trabajo, se utilizó el método de Franklin modificado por Rodríguez (1998). Para llevar a cabo la disociación de los escapos florales, se hizo una mezcla de ácido glacial acético y peróxido de hidrógeno al 30% en proporción 1:1. A cada uno de los frasquitos se les agregó 8 ml de la solución anterior, posteriormente éstos se incubaron en la estufa a 70 °C, por un periodo de 24 a 36 horas. Concluido el periodo de incubación, se observó que las muestras adquirieron un color blanco pareciéndose a un pedazo de algodón, característica principal que indica que es debido al efecto de la desintegración y separación de las fibras. Posteriormente, el material se lavó de dos a tres veces con agua corriente para eliminar el exceso de la solución anterior, luego se agitaron fuertemente para obtener una mejor disociación de las muestras de escapos. Es importante mencionar que en el proceso de disociación de los escapos florales se observó que cuando las muestras se metían tapadas a la estufa éstas se tiraban debido a la presión del calor, por lo cual se decidió por tapar los frasquitos con papel aluminio con un agujero en la parte superior para evitar que las muestras se tiraran y además de que éstas se secan al evaporarse.

#### **3.3.2 Teñido de fibras**

Una vez que el material se encontraba bien disociado, se procedió al teñido de las fibras con safranina y se dejó reposar por 24 horas, para tener una mejor tinción de éstas. Para llevar a cabo lo antes mencionado en el presente trabajo se realizó una mezcla safranina, alcohol al 96% y agua destilada. Para teñir 10 muestras (frasquitos con escapos florales), se agregaron por cada 50 ml de agua y 5 ml de

alcohol, 0.125 gr. de safranina y esto fue la base para hacer los cálculos necesarios para un determinado número de muestras para el teñido de las fibras. Una vez hecha dicha mezcla a cada uno de los frasquitos se les agregó 8 ml de la solución anterior. Concluida la tinción, se lavó el material con agua destilada de dos a tres veces para eliminar el exceso de colorante, utilizando para esto un colador pequeño y trozos de medias (de vestir), para evitar que las fibras se perdieran, el material ya lavado se colocó en su respectivo frasco y se les agregó 5 ml de agua destilada y 3 gotas de formaldehído para preservar el material.

### **3.3.3 Montaje de laminillas**

Una vez dissociadas las fibras, se colocó la suficiente cantidad de material (fibras) en el portaobjetos, procurando que quedaran de forma perpendicular. Se agregó de una a dos gotas de bálsamo de Canadá rebajado con xilol y se colocó un cubreobjetos para fijar las fibras y facilitar la medición. Cada laminilla se etiquetó con la misma información de cada frasco, es decir, la información de número de escape floral, sexo y altura. Ya montadas todas las laminillas éstas se metieron a la estufa a una temperatura que oscilaba entre 40 y 45 °C por un período de 24 a 36 horas, para acelerar el secado de éstas y evitar que al momento de medir se movieran.

### **3.3.4 Medición de fibras**

La medición del largo y ancho de fibras se hizo en un estereoscopio con un ocular micrométrico de un objetivo de 5x y se observaron las fibras completas. Uno de los oculares estaba acondicionado con una reglita micrométrica de una escala de 100 unidades. En la medición de las fibras se tuvo precaución de evitar fibras dobladas, traslapadas o incompletas.

### **3.3.5 Diseño experimental.**

El diseño experimental que se utilizó para el presente trabajo fue: Bloques al azar con 2 bloques, 3 tratamientos y 10 repeticiones, con un total de 40 escapos florales 20 hembras y 20 machos.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa UANL estadística experimental (Olivares Sáenz, Emilio. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.) Para la captura de los datos se utilizó Microsoft Office Excel. Para este trabajo se realizó el (ANVA), comparación de medias y por el método de tukey.

### **3.3.6 Variables evaluadas.**

En la presente investigación se evaluaron las siguientes variables: a) longitud de fibras para hembras y machos en tres alturas para cada uno de los escapos a .30m, 1m, y 2m, de altura b) ancho de fibras para hembras y machos en tres alturas para cada uno de los escapos a .30m, 1m, y 2m, de altura.

En la presente investigación se evaluó longitud y ancho de fibras de escapos florales de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), esta evaluación se realizó en 20 hembras y 20 machos en tres diferentes alturas (0.30m, 1.00m y 2.00m), obteniendo un total de 30 repeticiones por escapo floral debido a que 10 repeticiones se hicieron en cada una de las alturas, para cada una de las variables se midieron 600 fibras en sus variables que son: longitud hembras, longitud machos, ancho hembras y ancho machos, obteniendo un total de 2400 fibras medidas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Medición de fibras para la variable de longitud en hembras y machos en escapos florales de Sotol.

El análisis de varianza realizado para la variable de longitud en hembras y machos mostro una diferencia altamente significativa para todos los tratamientos en cuanto a altura del escapo floral, pero esta diferencia no se mantuvo entre individuos ya que mostro no significancia, es decir, no hubo variación entre los escapos florales de sotol, de esta manera se obtuvo que el valor más alto siempre se presento en la base o en la menor altura del escapo floral, y conforme la altura aumento, se presento la tendencia de que las fibras contaban con menor tamaño, es decir existe un correlación notable entre hembras y machos en cuanto a longitud de fibras, debido a que la tendencia es muy clara de que a mayor altura menor longitud de las fibras, presentando los valores más bajos siempre en la parte apical del escapo floral en hembras y machos. Pero se observa claramente que las los escapos florales machos, superan en longitud a las hembras, es decir los machos poseen fibras más largas que las hembras.

Cuadro 1. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de longitud de fibras de escapos florales hembras, de *Dasyilirion cedrosanum Trel.* del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

<b>Análisis de varianza</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	6.707718	3.353859	25.6651	0.000
<b>BLOQUES</b>	19	2,220741	0.116881	8.8944	0.592
<b>ERROR</b>	38	4.965752	0.130678		
<b>TOTAL</b>	59	13.894211			

**C.V. = 26.45%**

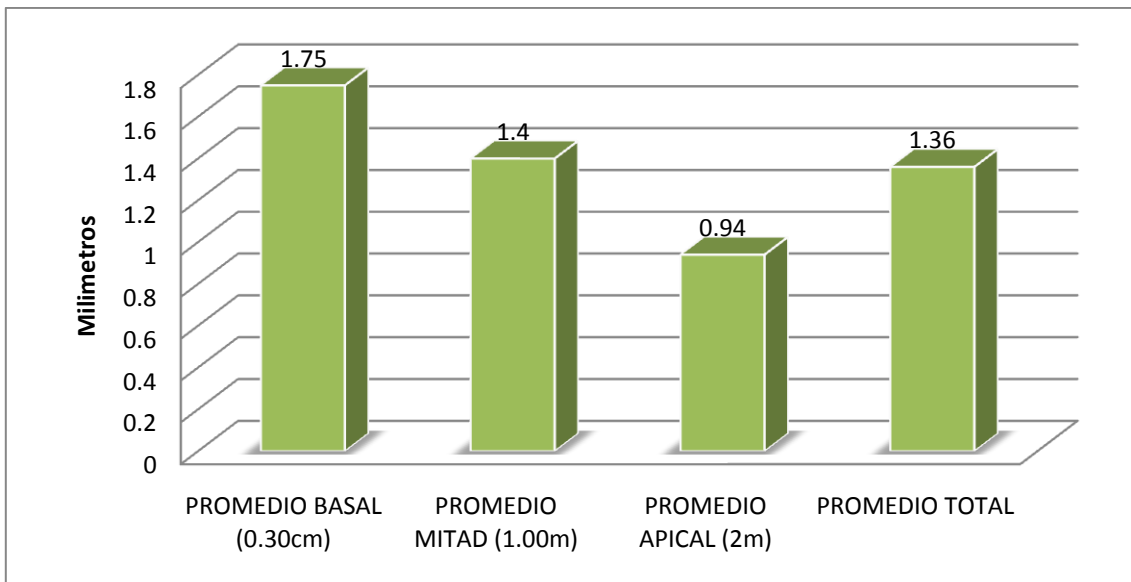
Cuadro 2. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.01$ ) para la longitud de fibras a diferentes alturas en escapos florales hembras de *Dasyilirion cedrosanum* Trel. del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

Tratamiento	Media	Agrupación Tukey
<b>B1</b>	1.7581	A *
<b>M2</b>	1.4014	B *
<b>A3</b>	0.9413	C *

\* Letra diferente indica que son significativamente diferentes ( $\alpha = 0.01$ ); B1= Basal; M2= Medio; A3= Apical; nivel de significancia = 0.01; tukey = 0.03545; valores de tabla (0.05), (0.01) = 3.45, 4.39

**Figura 7. Promedio Longitudinal de fibras en los Escapos de Sotol**

**Hembras**





Cuadro 3. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de longitud de fibras de escapos florales machos, de *Dasyllirion cedrosanum Trel.* Del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

<b>Análisis de varianza para los escapos florales machos</b>					
<b>FV</b>	GL	SC	CM	F	P>F
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	5.968384	2.984192	13.4463	0.000
<b>BLOQUES</b>	19	2.257996	0.118842	0.5355	0.927
<b>ERROR</b>	38	8.433502	0.221934		
<b>TOTAL</b>	59	16.659882			

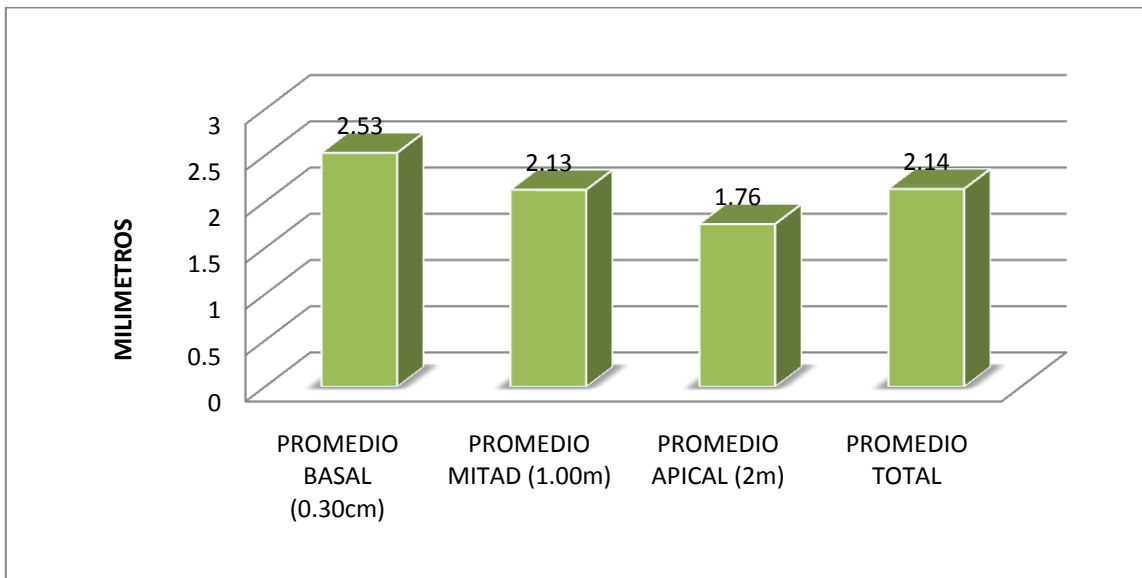
**C.V. = 21.94%**

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.01$ ) para la longitud de fibras a diferentes alturas en escapos florales machos de *Dasyllirion cedrosanum Trel.* del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación Tukey</b>
<b>B1</b>	2.5397	A *
<b>M2</b>	2.1344	AB *
<b>A3</b>	1.7674	B *

\* Letra diferente indica que son significativamente diferentes ( $\alpha = 0.01$ ); B1= Basal; M2= Medio; A3= Apical; nivel de significancia = 0.01; tukey = 0.4620 Valores de tabla (0.05), (0.01) = 3.45, 4.39

**Figura 8. Promedio Longitudinal de fibras de los Escapos de Sotol Machos**



La media general estimada de longitud de fibras de escapos florales hembras y machos de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), muestreados en el ejido Tanque Nuevo, Parras de la Fuente, Coahuila, fue de 1.36mm y 2.14mm respectivamente, y con un valor mínimo de 0.71mm y 1.28mm, también presentan un valor máximo de 4.02mm y 4.53 respectivamente, registrando un coeficiente de variación de 25.98 % y 20.17%, estos valores presentados se obtuvieron de 1200 fibras medidas, las cuales corresponden a 600 hembras y 600 machos.

Estos resultados concuerdan con Tamarit, (1996) quien realizó un trabajo de investigación sobre la medición de fibras en especies latifoliadas comparándolas con generos de pino, el cual demuestra que en las especies latifoliadas las fibras son más cortas que en el género Pinus, las longitudes de fibras promedio para *Quercus castanea*, *Quercus martinezii* y *Cedrela odorata* fueron de 1.819 mm, 1.519 mm y 1.372 mm, respectivamente.

Huerta et al. (2000) reportan valores promedios en la longitud de las fibras de 1.2 a 1.7 mm en el género *Quercus*. Y De la Paz et al, (1982). reportan para *Populus mexicana* Wesm, *Salix chilensis* Mol. y *Platanus mexicana* Moric., medias de 1.447 mm, 1.047 mm y 1.439 mm, respectivamente. En especies tropicales la longitud de fibras para *Protium copal* (Schl. et Cham.) Engl. de 0.768 mm, en *Talisia oliveaformis* (H.B.K.) Radlk. su media es de 1.106 mm y en *Parmentiera edulis* DC. Fue de 0.690 mm (Rangel, 1982).

En otros trabajos sobre longitud de traqueidas de otras especies, se reportan valores muy aproximados a los obtenidos en el presente estudio. Por ejemplo, en *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mtz. 2.816 mm (Yáñez y Caballero, 1991); en *Pinus rudis*, de Sierra de Arteaga, Coah., 3.36 mm (Rodríguez, 1998); en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* 4.411 mm y en *Picea chihuahuana* 3.926 mm (Borja et al., 2000); en *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* 4.100 mm (Goche et al., 2000); en *Pinus patula* Schl. et Cham. valores de 1.916 y 1.804 mm para la localidad Neolico y para la localidad Orizaba, respectivamente, en este último caso se trata de plantaciones de 13 y 14 años de edad (Ortega, 1999).

Es importante señalar que los diversos trabajos tienen metodologías diferentes, lo cual dificulta, en muchos de los casos hacer comparaciones válidas, dado que unas veces únicamente se obtuvieron muestras a una sola altura del fuste pero un grupo amplio de árboles y en algunos casos de diferentes localidades. Para el presente estudio, los valores obtenidos para el sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), del Ejido Tanque Nuevo, Parras de la Fuente, Coahuila. Proviene de un muestreo de 40 escapos florales 20 hembras y 20 machos, en cada uno de ellos con 10 repeticiones en tres alturas del escapo floral, lo cual hace tener un valor confiable para el promedio por escapo, así como por altura del escapo y por cada individuo.

Una de las características más variables dentro de las propiedades de la madera es la longitud de traqueidas, ya que se presentan diferencias entre coníferas, latifoliadas, así como diferencias entre especies y dentro de las mismas. Según

resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con la longitud de las fibras de las latifoliadas, pero también son similares a la longitud de las traqueidas de madera juvenil de los *Pinus* (Zobel y Talbert, 1988).

El valor promedio de longitud de fibras para sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), del presente estudio, es de 1.36 mm para las hembras y 2.14mm para los machos. De acuerdo con la clasificación de longitud de traqueidas de Vignote y Jiménez (1996) le corresponde a una longitud pequeña.

Ladrach (1987) y Zobel y Jett (1995) mencionan que todas las especies que tienen una longitud de traqueidas mayor de 2.5 mm, son excelentes para la fabricación de papel de buena calidad, para el caso de coníferas. La longitud de traqueidas refleja de manera importante la calidad en el producto final (Hernández, 1985).

En los resultados reportados para el sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), no es una especie apropiada para la obtención de pulpa para papel, pero si para realizar artículos pequeños como artesanías, maquetas arquitectónicas y entre otras manualidades ya que se obtiene un producto de buena calidad por la longitud que poseen sus fibras.

Las diferencias que se presentaron en esta investigación, fueron las siguientes: se encontró diferencia en las diferentes alturas tanto para hembras como para machos pero no se mostro diferencia entre individuos del mismo sexo pero si de un sexo a otro. Estos resultados concuerdan con un trabajo que se realizo para *Pinus rudis*, en donde se encontraron diferencias entre árboles, entre alturas de fuste y entre secciones dentro de altura del fuste, para densidad de la madera (López, 1997) y para longitud de traqueidas (Rodríguez, 1998). Sin embargo, en un estudio de *Pinus cembroides* Zucc. Vaca (1992) encontró variación en la densidad de la madera entre árboles, entre alturas de fuste y entre secciones dentro de altura del fuste, pero para longitud de traqueidas únicamente reporta diferencias entre clases de edad. Sin embargo, en el estudio de *Pinus cembroides* (Vaca, 1992) los árboles que se evaluaron fueron de diferente sitio y tampoco

hubo diferencias entre árboles, lo cual lleva a pensar que el tamaño de muestra puede influir y se requiere que sea mayor para detectar diferencias entre árboles, o bien, a que esta variable tiene una respuesta diferente en cada especie.

A su vez para *Pinus rudis*, Rodríguez (1998) menciona que la mayor parte de la variación fue atribuible a diferencias entre secciones dentro de altura de rodaja (52.7 %), le siguió diferencias entre altura de rodaja (16.8 %) y después diferencias entre árboles (14.8 %).

## 4.2 Medición de fibras para la variable ancho en hembras y machos en escapos florales de Sotol.

El análisis de varianza realizado para la variable ancho en hembras y machos mostro una diferencia altamente significativa para todos los tratamientos en cuanto la altura del escapo floral ascendía las fibras disminuyeron en el ancho de estas, de esta manera se obtuvo el valor más alto siempre se en la base, y conforme la altura aumento se presento la tendencia de que las fibras presentaban más delgadas, presentando los valores más bajos siempre en la parte apical del escapo floral en hembras y machos. Pero se observa claramente que en los escapos florales hembras, superan en diámetro a los machos, es decir las hembras poseen fibras más anchas que los machos.

Cuadro 5. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de ancho de fibras de escapos florales hembras, de *Dasyllirion cedrosanum Trel.* del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

<b>Análisis de varianza</b>						
<b>FV</b>	GL	SC	CM	F	P>F	
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	0.000624	0.000312	28.9434	0.000	
<b>BLOQUES</b>	19	0.000123	0.000006	0.6025	0.881	
<b>ERROR</b>	38	0.000410	0.000011			
<b>TOTAL</b>	59	0.001158				

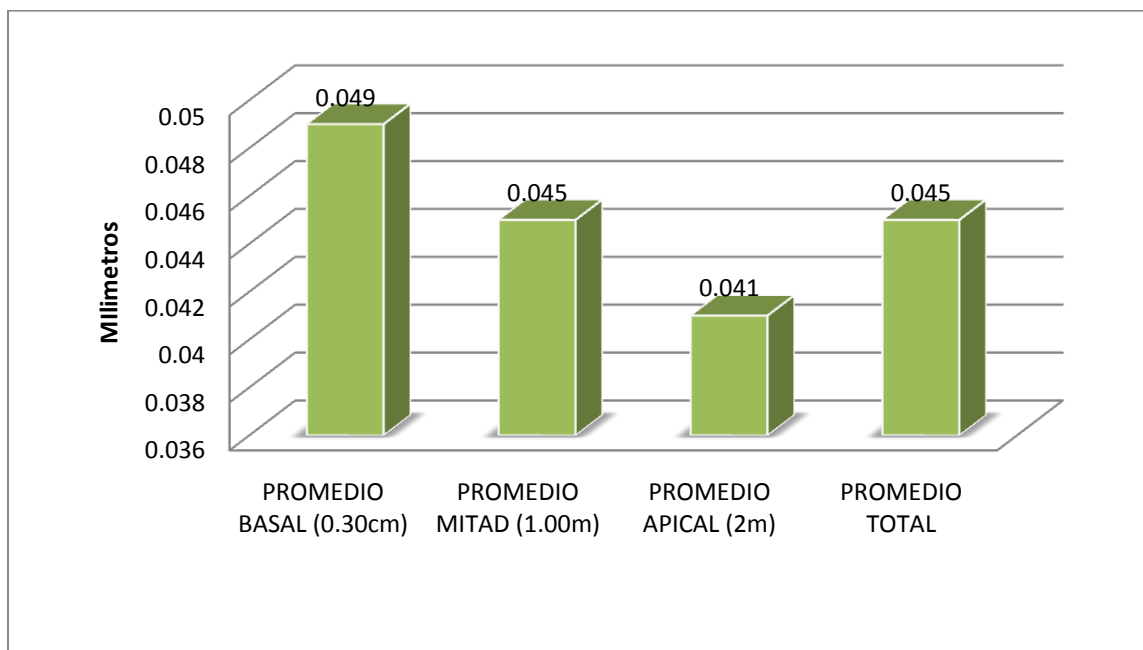
**C.V. = 7.19%**

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha= 0.01$ ) para el ancho de fibras a diferentes alturas en escapos florales hembras, de *Dasyllirion cedrosanum* Trel. Del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

Tratamiento	Media	Agrupación Tukey
B1	0.0498	A *
M2	0.0454	B *
A3	0.0419	C *

\* Letra diferente indica que son significativamente diferentes ( $\alpha= 0.01$ ); B1= Basal; M2= Medio; A3= Apical; nivel de significancia = 0.01; tukey = 0.0032; valores de tabla (0.05), (0.01) = 3.45, 4.39

**Figura 9. Promedio del Ancho de las fibras en Escapos Florales de Sotol Hembras**



Cuadro 7. Análisis de varianza mediante Bloques al azar de ancho de fibras de escapos florales machos, de *Dasyllirion cedrosanum Trel.* del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

<b>Análisis de varianza</b>					
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	0.000005	0.000002	17.9809	0.000
<b>BLOQUES</b>	19	0.000005	0.000000	1.9309	0.041
<b>ERROR</b>	38	0.000005	0.000000		
<b>TOTAL</b>	59	0.000014			

**C.V. = 13.14%**

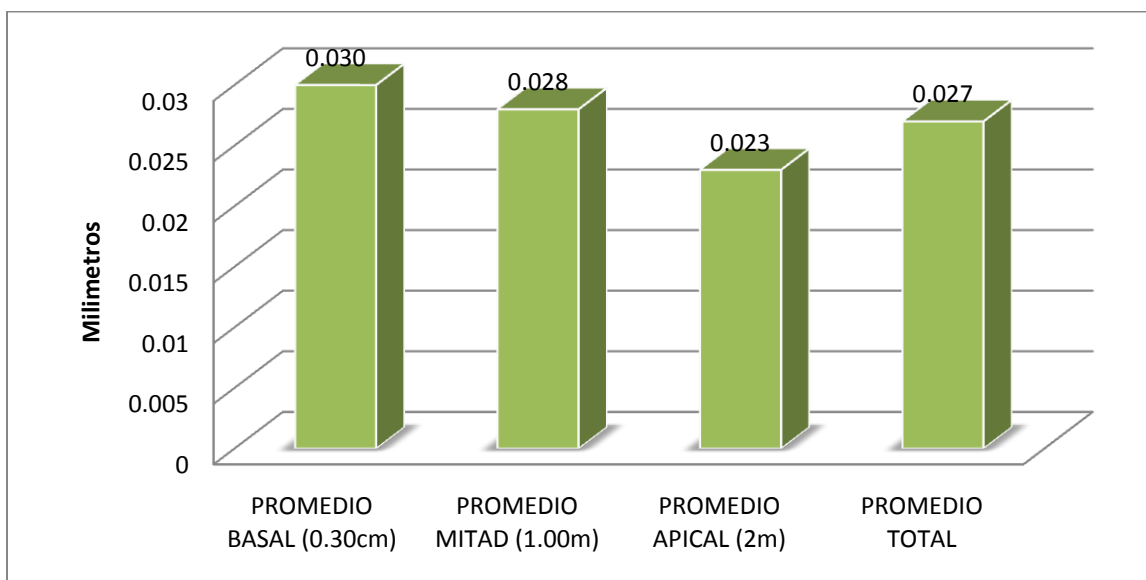
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.01$ ) para el ancho de fibras a diferentes alturas en escapos florales machos, de *Dasyllirion cedrosanum Trel.* Del ejido Tanque Nuevo, Coahuila.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación Tukey</b>
<b>B1</b>	0.0300	A *
<b>M2</b>	0.0284	A *
<b>A3</b>	0.0242	B *

\* Letra diferente indica que son significativamente diferentes ( $\alpha = 0.01$ ); B1= Basal; M2= Medio; A3= Apical; nivel de significancia = 0.01; tukey = 0.0004; valores de tabla (0.05), (0.01) = 3.45, 4.39



**Figura 10. Promedio del ancho de las fibras en Escapos Florales de Sotol Machos.**



La media general estimada en ancho de fibras de escapos florales hembras y machos de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), muestreados en el ejido Tanque Nuevo, Parras de la Fuente, Coahuila, fue de 45 micras y 27 micras respectivamente, y con un valor mínimo de 38 micras y 19 micras, también presentan un valor máximo de 54 micras y 36 micras respectivamente, registrando un coeficiente de variación de 6.69 % y 15.05 %, estos valores presentados se obtuvieron de 1200 fibras medidas, las cuales corresponden a 600 hembras y 600 machos.

Los valores promedios de ancho de fibras para Hembras y Machos son: 45 micras y 27 micras o bien 0.045mm, 0.027mm.

**Cuadro 9. Clasificación de ancho de fibras de algunas especies de latifoliadas y coníferas de acuerdo con Ortega *et al.* 1998.**

División	Especie	variable	micra	Clasificación
angiospermas	Croton draco 1	A.T	26	Muy ancha
angiospermas	Dyphysa carthaginesis 1	A.T	11	Muy fino
angiospermas	Eugenia jambos 1	A.T	30	Extremadamente ancha
angiospermas	Heliocarpus donell 1	A.T	32	Extremadamente ancha
angiospermas	Inga vera 1	A.T	23	Muy ancha
angiospermas	Quercus castanea 1	A.T	21	Moderadamente gruesa
angiospermas	Quercus xalapensis 2	A.T	24	Muy ancha
angiospermas	Albizia niopoides 2	A.T	19	Mediano
angiospermas	Pithecallobium disciferum 2	A.T	21	Moderadamente gruesa
Gimnospermas	Pinus patula 3	A.T	45	Extremadamente ancha
Gimnospermas	Pinus oaxacana 3	A.T	40	Extremadamente ancha
Gimnospermas	Pinus teocote 3	A.T	43	Extremadamente ancha

A.T. = ancho de traqueidas, 1 =tomado de Ortega et al. (1988); 2 =tomado de Santiago y Ortega (1992); 3 =tomado de Torres y Eguluz (1989)

En este cuadro se observa que hay una concordancia entre el resultado que se obtuvo en el trabajo de investigación realizado de ancho de las fibras de los escapos de sotol, en dicha comparación nos dimos cuenta que el ancho de las fibras de los escapos machos coinciden con el ancho de las fibras de las latifoliadas y las hembras con las coníferas de acuerdo a la clasificación de Ortega et al, 1988.

**Cuadro 10. Medidas de tendencia central de las dimensiones longitud, y ancho, de las fibras de los escapos florales del sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), del ejido Tanque Nuevo, Parras De La Fuente, Coahuila.**

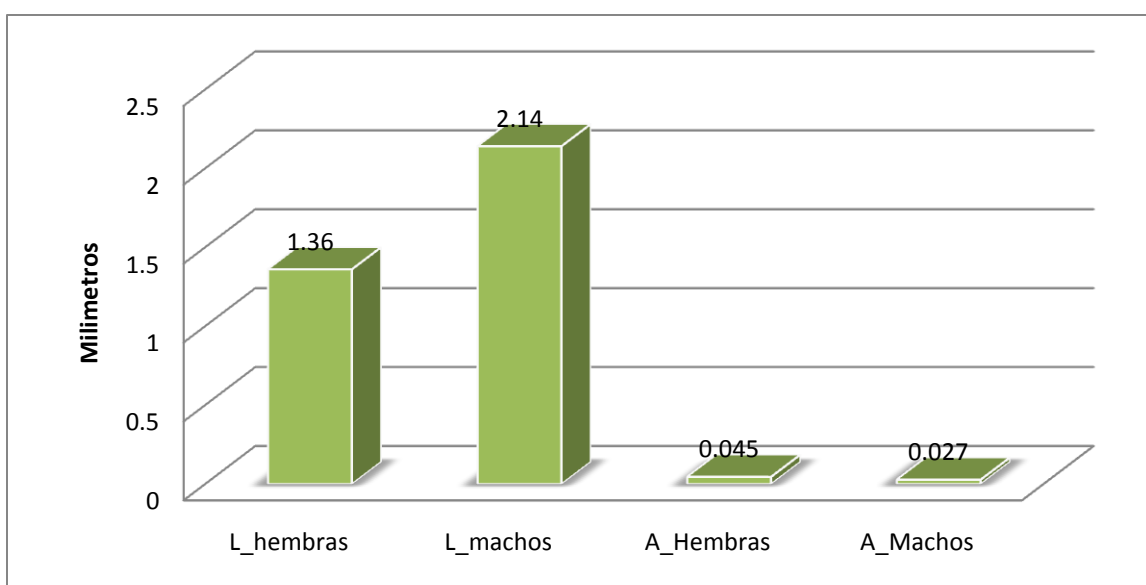
variable	N	Valor mínimo mm, micra.	Valor medio mm, micras.	V máximo mm, micras	C.V. %
Longitud H	600	0.71 mm	1.36 mm	4.02 mm	25.98
Longitud M	600	1.28 mm	2.14 mm	4.53 mm	20.17
Ancho H	600	38 micras	45 micras	54 micras	6.69
Ancho M	600	19 micras	27 micras	36 micras	15.05

N = Número de observaciones; C.V = Coeficiente de variación.

En esta tabla se muestran todas las variables que se obtuvieron en el transcurso de la investigación, desde los valores mínimos, promedio y máximo este con el fin de saber si hay variabilidad en longitud y ancho de las fibras de los escapos florales de sotol.

#### 4.3.- Comparación de medias de los promedios totales de las fibras de los escapos florales de Sotol hembras y machos midiendo longitud y ancho.

**Figura 11. Promedios Totales de Resultados de Longitud y Ancho de las fibras.**



En esta grafica se observa claramente como la longitud y ancho de las fibras variaron, en longitud los machos fueron superiores que las hembras ya que se encontró una diferencia entre macho hembra de 0.78 mm de longitud, este resultado engloba todo el conjunto de escapos florales. De igual manera se encontró diferencia en el ancho de las fibras pero ahora sucedió lo contrario ya que las hembras superaron a los machos ya que se encontró una diferencia de 0.018 mm de anchos entre las fibras. También presentaron diferencia entre alturas

en los dos sexos de escapos tanto para machos y hembras, conforme aumenta la altura hay una disminución de longitud y ancho de las fibras pero entre quiotes la diferencia es no significativa.

## V. CONCLUSION

Con base en los resultados del estudio sobre variación longitud y ancho de fibras de los escapos florales del sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), del ejido Tanque Nuevo, Parras De La Fuente Coahuila. Se presentan las siguientes conclusiones:

1.- La longitud promedio de las fibras para hembras y machos fueron, 1.36mm y 2.14mm en donde se demuestra que los machos superan a las hembras en longitud de fibras y se clasifica como fibras de longitud chica tanto para hembra como para machos.

2.- El ancho promedio de las fibras para hembras y machos fueron; 0.045mm y 0.027mm o bien 45 micras y 27 micras en este caso las hembras superan a los machos y las hembras se clasifican como; extremadamente ancho y los machos como; muy ancho.

Se concluye en este trabajo que existe diferencia notable entre hembras y machos de la planta de Sotol, y de igual forma existe diferencia entre alturas, es decir, a mayor altura menor longitud y ancho de fibras, ocupando el lugar más alto los machos en longitud, y en ancho las hembras.

Además se observó que existe relativamente poca información en aspectos generales sobre esta planta (*Dasyilirion spp*) y algunos aspectos particulares como la medición de fibras en los escapos florales, de lo cual actualmente se desarrollan diversas investigaciones que podrían a un corto plazo enriquecer este acervo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir realizando estudios de longitud y ancho de fibras de diferentes especies de sotol, en cuanto a diferencia en localidades y altitud sobre nivel del mar para saber si hay variación tomando en cuenta otros factores.

En trabajo del laboratorio se deben tener ciertas precauciones; por ejemplo, al meter las muestras a la estufa es recomendable monitorear periódicamente, para reducir riesgos debido a la presión y temperatura y evitar que las muestras se queden sin solución y por lo consiguiente se echen a perder.

Para cubrir la entrada de los frasquitos no utilizar las tapitas de hule por que se deshacen, debido a que el acido que es muy fuerte y se recomienda sustituirlo por papel aluminio para tener mejores resultados.

Cuando se realice la fijación de fibras en el laboratorio se recomienda que se haga lo más rápido posible, para evitar que se deshidraten y se deformen.

## VI. LITERATURA CITADA

- Benson, L. and Darrow, R. A. 1944. "Manual of Soutwestern Desert Trees and Shrubs." Biological Science Bulletin # 6, University of Arizona USA.
- Borja de la R. A., J. F. Zamudio S. y S. Sánchez B. 2000b. Determinación de transición de la madera juvenil y madera madura de *Picea chihuahuana* Mtz. En: Resumen de ponencias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos forestales. Durango, Dgo. México. Pp. 77-78
- Castellano M, E. y G, J. J Vergara. 1983. El Sotol en Agricultura de Zonas Áridas. Chapingo, México.
- Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarios del Distrito Federal, INIFAP. SARH. Toluca, México. pp 1030 – 1060.
- Coello C., J. 2003. Oportunidades comerciales del sotol (*Dasyilirion spp.*) como alternativa a la producción campesina del Estado de Coahuila. Trabajo de observación, estudio y búsqueda de información UAAAN. Saltillo, Coah, México. pp. 61
- COTECOCA-SAG, 1978. Reglamento para la determinación de los coeficientes de agostadero de la Republica mexicana, Diario Oficial de la Federación del 30 de agosto de 1978. DF. México.
- Cronquist, A.1981. An integrated system of classification of flowering plants. The New York Botanical Garden U.S.A. 1243 Págs.
- Cronquist, A.1984. Introducción a la Botánica. Editorial Continental. 7ª. Reimpresión. México D.F. 828 Págs.
- Curtis, P. J. 1986. Microtecnia vegetal. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 106 p.

- De la Loma, J. L. 1982. Genética general y aplicada. Editorial UTEHA S. A. 752p.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 623p.
- Esau, K. 1976. Anatomía Vegetal. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. 763 Págs.
- Feria P., S. y T. Eguiluz P. 1989. Variación natural en longitud y dimensiones transversales de las traqueidas en *Pinus maximinoj*, *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* var. *cornuta* de la Sierra Chatina, Oaxaca. In: Memoria del Congreso Forestal. Tomo II. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarios del Distrito Federal, INIFAP. SARH. Toluca, México. Pp. 1030-1061.
- 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, C. B. Bermejo. V. y H. Ramírez. M. 1975. Determinación de la ganancia genética en *Eucalyptus camaldulensis* Denh. mediante estudios de procedencia. Revista Chapingo XV (75) : 34 - 39.
- García, E. 1978. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen 4ª Edición. Instituto de Geografía, UNAM. México. 217 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª edición. Offset Larios. México. 217 p.
- García, G. J. 1979. El sotol. Seminario Preparado en el curso de Zonas áridas Chapingo, México.



- Gobierno Del Estado. 2003.Parras De La Fuente. Coahuila. <http://www.coahuila.gob.mx/gobierno/conoce/acercade/municipios/parras.htm> (agosto 2005).
- Goche T., R., M., Fuentes S. y A., Borja de la R. 2000. Variación de la densidad básica y longitud de traqueidas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* En: resumen de ponencias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Durango Dgo. México. Pp. 73-74
- Hernández, M. H. 1985. Variación natural de *Pinus hartwegii*: dimensiones transversales de las traqueidas en un transecto altudinal de Zoquiapan. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- INEGI. 1997. Cuaderno Estadístico Municipal. Parras Estado de Coahuila. Edición 1996.
- INEGI. 1990. Guía para la interpretación de Cartografía. Edafología. 2ª Impresión. Aguascalientes, México. 48 p.
- Jara N., L. F. 1995. Mejoramiento forestal y conservación de recurso genético forestal.Manual técnico No.14. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 177 p.
- Ladrach, W. E. 1987. Calidad del a madera de *Pinus oocarpa*. Informe de investigación No 116. Smurfit Cartón Colombia. Investigación forestal. Cali, Colombia. 7 p.
- Maldonado C., R. 2004. Variación de longitud de traqueidas de *Pinus teocote* Schl. et Cham. de la Sierra La Cebolla de Montemorelos, N. L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coah., México. 51 p.

- 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.
- Ortega, F., L. Guerrero, T. Carmona y C. Córdoba. 1988. Anatomía de la madera de veintiocho especies de Cosautlan de Carvajal, Veracruz. Boletín Técnico La madera y su uso No. 19. LACITEMA: México. 206 p.
- Ortega E., F. 1999. Densidad relativa y longitud de traqueidas en cinco familias de *Pinus patula* Schl. et Cham. de diferentes sitios. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 58 p.
- 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.
- Padilla G., H. 1982. Glosario práctico de términos forestales. Editorial Limusa. México. 118 p.
- Palma, E. J. I. 2000. Bases para la propagación de sotol (*Dasyllirion* spp) vía *in Vitro* y por semilla. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Secretaría de investigación y postgrado. Universidad Autónoma de Chihuahua. Cd. Delicias, Chihuahua; México.
- Rangel G., M de los A. 1982. Características anatómicas de la madera de siete especies tropical. Boletín técnico. No 86. México. INIF. 55 p.
- Rivera, Q. J. R. 1987. Aprovechamiento de Candelilla, Orégano y sotol en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Cd. Lerdo, Durango; México.

- Rodríguez V., E. 1998. Variación del largo de traqueidas dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl. en Sierra las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 52 p.
- Rzedowski, J. 1979. Flora fanerógama del valle de México. Editorial Continental México 69 p.
- Salazar P. María. 2004 Perspectivas de la Producción y Comercialización del Sotol en el Ejido San Juan de Cedros, Mpio. Mazapil Zacatecas, México. Trabajo de Observación estudio y búsqueda de información UAAAN Saltillo Coahuila México.
- Sánchez R., I. 1998. Celulosa y papel. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 178 p.
- SEMARNAT. 2001. SEMARNAT.gob.mx/pfnm3/fichas/dasyilirioncedrosanum.2001
- Tamarit U., J. C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 especies de latifoliadas. Madera y Bosques 2(2): 29-41 México.
- Trelease, W. 1911. The Desert Group Nolinae. Lima. Perú. P.14 ed. Herrera Vol. #200. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- Vaca, G. A. 1992. Variación del peso específico de la madera y longitud de traqueida dentro de árboles de *Pinus cembroides* Zucc., de la región de Santiago, Papasquiario, Durango. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- Vázquez, S. Q. 2001. Combinación y concentración de reguladores de crecimiento para el enraizamiento de sotol (*Dasyilirion leiophyllum* Engelm. Ex Trelease)

- Velásquez, C. R. 1983. El Sotol. Agricultura de zonas áridas. Chapingo, México.
- 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.
- Villaseñor A., J. C. y J. G. Rutiaga Q. 2000. La madera de *Casuarina equisetifolia* L., química e índices de calidad de pulpa. Madera y Bosques 6(1): 29-40 México.
- Yáñez M., O. y M. Caballero D. 1991. Variación de algunas características de *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mtz. de tres localidades de su distribución natural: densidad relativa y longitud de traqueidas de la madera. Revista Chapingo 15(75):18-24.
- Zobel, B. J y J. B. Jett. 1995. Genetics of Wood production. Springer – Verlag. Germany 337 p.
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.