

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Producción y Calidad de la Fibra del *Agave lechuguilla* Torr. en el Paraje  
San Miguel, Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila

Por:

**MARINO GARCÍA GUZMÁN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Producción y Calidad de la Fibra del *Agave lechuguilla* Torr. en el Paraje  
San Miguel, Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila

Por:

**MARINO GARCÍA GUZMÁN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría



Firma manuscrita de M.C. José Aniseto Díaz Balderas.

M.C. José Aniseto Díaz Balderas  
Asesor Principal  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Firma manuscrita de Dr. Celestino Flores López.  

Dr. Celestino Flores López  
Coasesor

Firma manuscrita de M.C. Melchor García Valdez.  

M.C. Melchor García Valdez  
Coasesor

Firma manuscrita de Dr. Gabriel Gallegos Morales.  

Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Romeo García Martínez y Antonia Guzmán, por darme la vida, creer en mí, darme la oportunidad de seguir estudiando y la libertad de estar fuera de nuestro hogar y lejos de ustedes y lo logrado en este momento es un regalo para ustedes y la mejor herencia para mí, Gracias.

A mis hermanos Roberta García Guzmán y Enrique García Guzmán, porque siempre hemos estado juntos apoyando a nuestros padres, por formar parte de mi vida y por todo lo vivido como hermanos.

A mi pequeño sobrino Abner Sinaí García Guzmán, por llenar de felicidad de nueva cuanta nuestro hogar con su inocencia y felicidad.

A toda mi familia porque desde pequeño me han apoyado y dando ánimos para seguir adelante, primos, tíos, y demás familias que me ha apoyado.

A mis abuelos Isauro García Olivera (QEPD), Vicenta Martínez Olivera, padres de mi papá y los padres de mi mamá Ceferino Guzmán (QEPD) a quienes tuve la oportunidad de conocer y convivir con ellos, Gracias.

A la persona que más me ha apoyado en esta etapa que culmina y por ser la persona que más adora y amo Ing. Leticia Jimenez Hernández, Gracias por estar ahí siempre para mí y por amarme de igual manera.

A mis compañeros de generación Gary Pérez de León, Miguel Ángel López Bravo, Eduardo Núñez Álvarez, Jonatan Omar Báez Bautista, Luis Omar Flores Hernández, Quetzal Sandoval Toledo, Rigoberto Otoniel Vázquez Morales, Jesús Gómez Pacheco, José Daniel Luna Fontes, José Silverio Ávila Sánchez, José Alberto Solano Montoya, Luis Francisco Aguilar Cueto y a mis compañeras María Guadalupe Cruz Barrera, Rosario Gómez Canseco, Lourdes Zendejas Juan, María de los Ángeles Covarrubias Gonzales, Odalis Pérez Pérez, María de la luz Sánchez Julian, Cinthia Nayeli Ortiz Aldana y demás compañeros y amigos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A dios que me dio una familia con la cual convivir y darme vida para poder realizar las cosas que he podido y poder estudiar una carrera universitaria.

A mi *Alma Mater* La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme recibido con los brazos abiertos y brindado sus instalaciones en las cuales pude adquirir los conocimientos que forjaron mi profesión.

A los profesores del Departamento Forestal, M.C. José Aniseto Díaz Balderas, Dr. Jorge Méndez Gonzales, Dr. Celestino Flores López, M.C. Andrés Nájera Díaz, M.C. Melchor García Valdés, M.C. Salvador Valencia Manzo, Dr. Alejandro Zarate Lupercio, Ing. Sergio Brahan Sabag, Ing. José Antonio Ramírez Díaz, M.C. Armando Nájera Castro, Dra. Gabriela Ramírez Fuentes, Ing. José Jil Cabrera Hernández,

Un agradecimiento especial a los profesores que participaron como asesores del presente trabajo:

Al M.C. José Aniceto Díaz Balderas, que fue el asesor principal, gracias por sus conocimientos, consejos, paciencia y su amistad.

Al Dr. Celestino Flores López, por su apoyo en las revisiones del presente trabajo y por los conocimientos compartidos.

Al M.C Melchor García Valdés, por su apoyo en el desarrollo del presente trabajo y los conocimientos compartidos.

Dr. Juan Abel Nájera Luna, por su enseñanza y las dudas en el manejo de la máquina y la realización de las pruebas.

Ing. Ricardo De La Cruz Carrera, por su enseñanza y las dudas en el manejo de la máquina y la realización de las pruebas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
ÍNDICE DE ANEXOS .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	4
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
2.3. HIPÓTESIS .....	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Clasificación taxonómica de la especie.....	5
3.2. Descripción de la especie.....	5
3.2.1. Condiciones edáficas y climáticas para el desarrollo de la planta .....	6
3.2.2. Distribución de la especie.....	7
3.2.3. Usos de la especie .....	8
3.3. Calidad de la fibra .....	9
3.4. Estudios afines .....	10
3.4.1. Producción.....	10
3.4.2. Pruebas mecánicas .....	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1. Ubicación del área de estudio .....	12
4.2. Descripción del medio físico.....	13
4.2.1. Clima del área de estudio .....	13
4.2.2 Tipo de suelo del área de estudio.....	13
4.2.3 Tipo de vegetación del área de estudio .....	13
4.3 Metodología de muestreo.....	13
4.3.1 Diseño de muestreo.....	13

4.3.2 Tamaño y forma de sitios de muestreo.....	14
4.3.3. Variables de medición.....	15
4.3.4. Tallado de los cogollos .....	16
4.3.5. Pruebas Físico-Mecánicas a la fibra .....	17
4.4. Metodología para la obtención de los resultados .....	18
4.5. Análisis estadístico .....	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
5.1. Análisis del nivel de producción en kilogramos por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio .....	20
5.2. Análisis del número de plantas promedio por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio .....	24
5.3. Análisis de la altura promedio del cogollo promedio por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio .....	27
5.4. Análisis del diámetro promedio del cogollo por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio. ....	30
5.5. Análisis de las pruebas de resistencia de la fibra por posición topográfica en el área de estudio.....	33
5.6. Análisis de las pruebas de elongación máxima de la fibra por posición topográfica en el área de estudio. ....	35
VI. CONCLUSIONES .....	36
VII. RECOMENDACIONES .....	38
VIII. LITERATURA CITADA.....	39
ANEXOS .....	45

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación del terreno de acuerdo a su pendiente. ....	14
Cuadro 2 Clasificación de los cogollos de acuerdo a su altura. ....	15
Cuadro 3. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la producción promedio de fibra seca del tipo de planta mediana, N= 90 .....	21
Cuadro 4. Comparación de los resultados le producción de fibra seca por posición topográfica de las plantas tallables por hectárea .....	24
Cuadro 5. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el número de plantas medianas por sitio promedio, N= 90.....	25
Cuadro 6. Comparación de los resultados del número de plantas tallables por hectárea .....	27
Cuadro 7. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la altura promedio del cogollo por sitio para las plantas medianas, N= 90 .....	28
Cuadro 8. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro promedio del cogollo por sitio del tipo de planta mediana, N= 90 .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización del área de muestreo de Agave lechuguilla Torr. En el Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila. ....	12
Figura 2. Producción de fibra seca promedio en plantas chicas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	21
Figura 3. Producción de fibra seca promedio en plantas medianas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.....	22
Figura 4. Producción de fibra seca promedio en plantas grandes en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	23
Figura 5. Número de plantas chicas promedio las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.....	25
Figura 6. Número de plantas medianas promedio en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	26
Figura 7. Número de plantas grandes promedio en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	26
Figura 8. Altura promedio del cogollo para plantas chicas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	28
Figura 9. Altura promedio del cogollo para plantas medianas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	29
Figura 10. Altura promedio del cogollo para plantas grandes en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	30
Figura 11. Diámetro promedio del cogollo para plantas chicas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	31
Figura 12. Diámetro promedio del cogollo para plantas medianas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	32
Figura 13. Diámetro promedio del cogollo para plantas grandes en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. ....	33



Figura 14. Resistencia a la tensión máxima promedio en kilogramos fuerza de las fibras, en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90. .... 34

Figura 15. Elongación máxima promedio en porcentaje de las fibras, en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 % N= 90..... 35

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. ANOVA de producción del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.....	46
Anexo 2. ANOVA de producción del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.....	46
Anexo 3. ANOVA de producción del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.....	46
Anexo 4. ANOVA del número de plantas promedio, del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.....	46
Anexo 5. ANOVA del número de plantas promedio, del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas. ....	47
Anexo 6. ANOVA del número de plantas promedio, del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas. ....	47
Anexo 7. ANOVA de la altura promedio, del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.....	47
Anexo 8. ANOVA de la altura promedio, del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.....	48
Anexo 9. ANOVA de la altura promedio, del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.....	48
Anexo 10. ANOVA del diámetro promedio, del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.....	48
Anexo 11. ANOVA del diámetro promedio, del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.....	48
Anexo 12. ANOVA del diámetro promedio, del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.....	49
Anexo 13. ANOVA de la resistencia a la tensión de la fibra, en las tres posiciones topográficas.....	49
Anexo 14. ANOVA de la elongación máxima de la fibra, en las tres posiciones topográficas.....	49

## RESUMEN

En el presente estudio se trabajó con el *Agave lechuguilla* Torr. de la que se estimó la cantidad de kilogramos de fibra seca por hectárea del área de estudio, se estudió el diámetro y la altura promedio del cogollo de la planta por sitio, también se realizó el análisis de las propiedades físicas de la fibra, como lo son la resistencia a la tensión y la elongación máxima, todas las variables anteriores fueron evaluadas en tres posiciones de distribución en la ladera (moderadamente escarpado, escarpado y muy escarpado) y considerando además tres tipos de planta para la estimación de las variables. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, el estudio se realizó en el Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila. Los análisis se hicieron mediante un análisis de varianza (ANOVA,  $\alpha=0.05$ ) para dicho diseño en cada una de las variables, se consideró para todos los ANOVA a la posición topográfica como tratamiento y los valores estimados de las variables por tipo de planta como variables dependientes, si se encontraba diferencia en los ANOVA se procedió a realizar la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). En la variable producción se encontró significancia ( $P \geq 0.01201$ ); en la variable altura promedio del cogollo (Hco prom.) se encontró significancia ( $P \geq 0.00986$ ); de igual forma para la variable diámetro del cogollo promedio (Dco prom.) se encontró diferencia significativa ( $P \geq 0.04013$ ), en las variables de resistencia a la tensión y elongación máxima no se encontró diferencia en los resultados obtenidos.

Correo electrónico; Marino García Guzmán, [maro\\_2x@hotmail.com](mailto:maro_2x@hotmail.com)

Palabras clave: Posiciones topográficas, Tipos de planta, Producción, Resistencia a la tensión, Elongación máxima y Fibra de lechuguilla.

## ABSTRACT

In the present study it refers to *Agave lechuguilla* Torr. of the number of kilograms of dry fiber per hectare of the study area was estimated, the diameter and the average height of the cogollo (shoot) of the plant by site was studied, the analysis of the physical properties of the fiber was also conducted, as are the tensile strength and maximum elongation, all of the above variables were evaluated at three positions on the slope distribution (moderately steep, steep and very steep) and considering three types of plant for the estimation of variables. The experimental design was completely random, the study was conducted in the Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila. Analyses were made by analysis of variance (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ) for that design each of the variables, it was considered for all ANOVA to topographic position as treatment and estimated values of variables by type of plant as dependent variables, if difference was in the ANOVA proceeded to make the comparison Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Variable production significance ( $P > = 0.01201$ ) it was found; in the variable average height of the cogollo (shoot) (Hco prom) significance ( $P > = 0.00986$ ) was found; likewise for the variable average diameter of the cogollo (shoot) (Dco prom.) significant difference ( $P > = 0.04013$ ) was found in the variables of tensile strength and maximum elongation no difference was found in the results.

Keywords: topographic positions, types of plant, production, maximum elongation, tensile strength and fiber of lechuguilla.

## I. INTRODUCCIÓN

En México las principales especies de las que aprovechan fibras duras, conocidas comúnmente como ixtle son las de la lechuguilla, la palma samandoca, la palma china y la palma pita, de las cuales las más abundantes y de mayor explotación son el *Agave lechuguilla* Torr. (lechuguilla) y la *Yucca carnerosana* Trel. McKelvey (Palma samandoca). Las fibras de estas dos especies son conocidas en nuestro país desde tiempos ancestrales, contribuyendo en el México precolombino de forma importante en el desarrollo del arte textil, en la actualidad las fibras naturales han sido prácticamente eliminadas del mercado textil a causa de la utilización de las fibras sintéticas (Romahn, 1985).

La lechuguilla pertenece a la familia de las Agaváceas, presenta una roseta de 25 a 50 hojas las cuales son de un color verde a azulado, la forma cilíndrica la obtiene cuando su raíz se desarrolla, la raíz principal es conocida como amole, es utilizable como jabón, sin ningún tipo de preparación previa. En esta planta el tallo como tal no existe, ya que se encuentra cubierta de forma muy íntima con sus propias hojas (Romahn, 1985).

En nuestro país existen varios estados en los que aún se aprovecha la fibra de la lechuguilla y desde tiempos pasados tienen este proceso de manera tradicional, algunos desde hace más de 40 años, los estados donde se aprovecha la fibra del agave son, Nuevo León, San Luis Potosí, Coahuila, Tamaulipas, Zacatecas, Durango, además del estado de Hidalgo, entre los cuales se tiene la autorización para producir 25,973 toneladas de fibra en greña al año (Kalan Kaash S. C, 2009), el desarrollo de la planta de lechuguilla se ve afectado por la

exposición del terreno, la precipitación promedio de la zona, la altitud del terreno, el tipo de suelo, su capacidad de drenaje y textura (Martínez *et al.*, 2011); por su parte Nobel y Quero (1996) determinan en base a estudios de tipo de absorción de energía de la planta y su crecimiento, que la cantidad de precipitación o de agua disponible, es el factor más determinante en su desarrollo, lo que influye directamente en la cantidad de la fibra a extraer.

La planta de lechuguilla por sus características de adaptación a las condiciones climáticas de las zonas semiáridas del país, tiene un mejor desarrollo en las áreas con laderas, en las que se tiene un buen drenaje (Berlangua *et al.*, 1992), en el municipio de San Juan Guadalupe, Durango se realizó el cálculo de cantidad de la fibra por hectárea en diversas posiciones del terreno (Blando y Baca, 2001).

El mercado de la fibra de lechuguilla, al comprar la fibra seca considera la calidad de la fibra para un mejor precio, la calidad de la fibra natural es superior a la calidad de las fibras textiles por factores como una mejor absorción de humedad, cristales de oxalato de calcio, resistencia a solventes químicos, calor, ácido y productos abrasivos (Castillo *et al.*, 2005), además de tener un papel muy importante en varios tipos de industrias tales como la automovilística, la cosmética y de la cordelería, así mismo se pueden usar partes de la planta como las raíces e incluso el desperdicio del proceso de tallado (Gómez, 2011).

La calidad de la fibra puede ser afectada por las condiciones propias de la zona de distribución de la planta, así como por el tipo de tratamiento de tallado que se le dé a las hojas de esta (Mayorga, 2004), la calidad de la fibra seca considera factores como, el largo de los filamentos, la cantidad de residuos

adheridos a estos y la blancura, resistencia o dureza, que en este caso se mide mediante pruebas de resistencia a la tensión y la capacidad de deformación de la fibra, es decir su elasticidad (Mayorga *et al.*, 2004).

El objetivo del presente estudio fue determinar si la distribución de la planta en la ladera, influye en el potencial de producción de fibra en el área de estudio, además de usar la prueba de tensión y elongación máxima aplicadas a la fibra como parámetros de calidad de esta, saber si estas cualidades se ven afectadas por la posición topográfica en la que se encuentra la planta.



## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el potencial productivo y la calidad de la fibra en diferentes posiciones topográficas.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el nivel de producción en las posiciones topográficas del área.
- Determinar la calidad de la fibra en base a pruebas físico-mecánicas.
- Determinar si la producción y la calidad de la fibra se ven influenciadas por las posiciones topográficas.

### **2.3. HIPÓTESIS**

La calidad de la fibra y la producción del sitio no se ven afectadas por la posición topográfica.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Clasificación taxonómica de la especie

Reino: Metaphyta

Phylum: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Clase: Monocotiledoneae

Orden: Agavales

Familia: Agavaceae

Género: *Agave*

Especie: *Lechuguilla* Torr.

Actualmente la especie de *Agave lechuguilla* Torr. es considerada por algunos autores dentro de la familia Asparagaceae, del orden Asparagales (APG II, 2003), sin embargo, APG III (2009) reconoce que es difícil circunscribir a la familia Asparagaceae, ya que su morfología tiene un comportamiento heterogéneo y además que desde un punto de vista molecular esta pobremente caracterizada.

#### 3.2. Descripción de la especie

El *Agave lechuguilla* es una planta en forma de un pequeño maguey, las hojas alcanzan una longitud de 20 a 50 cm; raíces largas, fibrosas, delgadas, y extendidas, las hojas nacen del tronco o cuello de la raíz formando un amole a partir de el se desarrollan en forma verticilada dando el aspecto de roseta, adoptan forma lanceolada generalmente encorvadas hacia el centro de la planta, anchas en su base, terminan en una espina color café a negro de 30 a 40 mm los bordes de las hojas protegidos por una serie de espinas ganchudas de color gris o café vueltas hacia la base de la hoja a intervalos de 20 a 40 mm y longitud de 3 a 7 mm el ancho de la hoja es de 4 a 6 cm (Cepeda, 1940; Romahn, 1985; Berlanga *et al.*, 1992).

El centro de la planta lo forman las hojas de más tierna edad y es un conjunto homogéneo de más o menos el mismo tamaño que recubren unas a otras, las más viejas a las más tiernas hasta formar un cono apretado

comúnmente llamado “cogollo”, esta es la parte que preferentemente se aprovecha en las áreas productoras, para obtener la fibra de mayor calidad (Cepeda, 1940; Romahn, 1985; Berlanga *et al.*, 1992).

Cuando la planta ha alcanzado su madurez, dentro del cogollo se desarrolla el escapo floral, el que también es llamado “quioté” o “garrocha” que llega a alcanzar una altura de 3 m. florece solamente una vez, y posteriormente muere al igual que toda clase de magueyes pertenecientes a la familia de las Agavaceas, las flores se producen de dos en dos protegidas por brácteas fuertes, de color verde amarillo o rojizo, perianto de seis piezas, seis estambres y ovario interno trilocular (Cepeda, 1940; Romahn, 1985; Berlanga *et al.*, 1992).

El fruto es una capsula trilocular de color café o negra de 1.5 a 2.5 cm de longitud y de 1 a 1.5 cm de ancho, en su interior contiene numerosas semillas planas y brillantes. Su reproducción es de manera asexual por medio de hijuelos que brotan al pie de la planta unidos a ella por un talo vegetativo aunque sus semillas son viables, la propagación por semilla solo se logra de manera controlada bajo cuidados de vivero (Cepeda, 1940; Romahn, 1985; Berlanga *et al.*, 1992).

### **3.2.1. Condiciones edáficas y climáticas para el desarrollo de la planta**

Berlanga *et al.* (1992) menciona que la lechuguilla se adapta mejor a los suelos coluviales someros de sierras y lomeríos pedregosos de origen calizo ligeramente alcalinos con pH de 7.2 a 8.5, en ocasiones se desarrolla en suelos planos siempre y cuando reúnan las condiciones anteriores y tenga buen drenaje; Rzedowski (2006) menciona que la lechuguilla prospera en suelos derivados de roca ígnea.

La lechuguilla tiene un buen desarrollo en los terrenos planos siempre y cuando tengan un buen drenaje, pero en especial en terrenos escarpados de origen calizo, con condiciones de un buen drenaje, es decir que estos terrenos sean pedregosos (Reyes, 1980; Romahn, 1985)

También Berlanga *et al.* (1992) menciona, que la lechuguilla es característica de las áreas desérticas o semidesérticas con un clima BWh correspondiente al más árido, templado con verano cálido, precipitaciones que

varían de 150 a 400 mm anuales, puede resistir sequias por varios años y aún inundaciones; se desarrolla en rangos de temperatura que van desde los 30 °C a -3 °C y extremas de -8 °C a 44 °C.

Nobel y Quero (1986), en su estudio titulado, Environmental productivity índice for a Chihuahuan desert CAM plant, *Agave lechuguilla*, encontró que la variable más importante para el desarrollo de la planta de lechuguilla, es la cantidad de agua disponible en el área, ya que esta permite la mejor absorción de los nutrientes disponibles en el suelo.

Castillo *et al.* (2008) en un estudio realizado para observar la regeneración del cogollo del *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo cultivo, al aplicar un tratamiento de fertilización con diferentes cantidades de Sulfato de Amonio, observó algo similar a lo encontrado por Nobel y Quero (1986), que no hubo diferencia significativa y que el aumento en el desarrollo del cogollo es atribuible a la cantidad de agua disponible en el área donde se realizó el estudio.

### **3.2.2. Distribución de la especie**

La distribución de la planta de lechuguilla según Marroquín *et al.* (1964), su distribución se extiende desde los 99° 03´ Longitud W (sureste de Ciudad Victoria, Tamaulipas) a los 106° 45´ Longitud W (suroeste de Ciudad Juárez, Chihuahua) y del paralelo 21° 59´ Latitud N (sureste de Cárdenas, San Luis Potosí) a los 31° 40´ Latitud N (Ciudad Juárez, Chihuahua) abarcando estas coordenadas los estados de San Luis Potosí, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Durango, Zacatecas, Hidalgo, Oaxaca, Tamaulipas, México, Oeste de Texas, Sur de Nuevo México y el Sureste de Arizona. Presenta por lo tanto diferencias de adaptación, ya que tiene la influencia de una manera muy importante el clima, el terreno y las condiciones topográficas propias de las áreas donde se desarrolla (Zapién, 1980; Romahn, 1985; Nobel y Quero 1986; Berlanga *et al.*, 1992).

La especie forma parte principal del tipo de vegetación denominado Matorral Crasirosulifolio Espinoso ó Matorral Desértico Rosetófilo, asociado principalmente con guapilla (*Agave falcata*), espadín (*Agave striata*), guapilla china (*Hetchia glomerata*), sotol (*Dasyilirion spp*) y palmas (*Yucca spp*), llega a formar parte también en poblaciones naturales de menor densidad en el Matorral

Micrófilo, asociado principalmente con gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojásén (*Flourensia cernua*) (Marroquín *et al.*, 1964; Berlanga *et al.*, 1992).

Las regiones con mayor densidad de la lechuguilla se encuentran en las comunidades de San Salvador, Concepción del Oro y Mazapil, en el estado de Zacatecas, también existen grandes concentraciones de esta planta en las comunidades de las Cedros, Coapas, Gruñidora y Galeana, N.L, en las comunidades de Guadalcazar, Guadalupe, Matehuala, Venegas y Catorce S.L.P, además se puede encontrar en gran parte del estado de Coahuila desde el municipio de Saltillo hasta el de Ocampo (Romahn, 1985).

### **3.2.3. Usos de la especie**

La especie *Agave lechuguilla* tienen una gran cantidad de usos entre los que destacan la producción de fibra o ixtle, amole, guishe (Gómez, 2011), también el guise puede ser utilizado para el lavado de la ropa, loza o usarlo como “shampoo” para el cabello y en la fabricación de laminados, aglomerados, cartón, papel filtro, en la fabricación de vidrio, filtros de automóviles y esteroides (Cervantes, 2005); en el reforzamiento de materiales para la construcción como los adobes (Caballero *et al.*, 2010), el concreto (Juárez *et al.*, 2004) y en la fabricación de cordones, costales y bolsas (Rzedowski, 2006), yutes y cepillos (Blando y Baca, 2001) y en la elaboración de papel para la escritura (Parra *et al.*, 2010)

Además del tallado del cogollo, se pueden utilizar las hojas laterales y la fibra obtenida es utilizada para la elaboración de cepillos domésticos, estropajos, en la confección de lazos y cordelería en general para el autoconsumo y ocasionalmente para su venta a pequeña escala (Castillo *et al.*, 2005).

Un uso alternativo de la lechuguilla es como cerca viva, en la delimitación de parcelas agrícolas o corrales de ganado, también se puede utilizar como estabilizadora del suelo para ayudar en su conservación, además de su uso en jardines de una forma ornamental (Alanís y González, 2011).

También se ha estudiado la utilización del bagazo, producto del desfibrado de la lechuguilla para la producción de etanol (Castillo *et al.*, 2014, Díaz *et al.*, 2015), obtenido mediante la aplicación de dos metodologías.

Alcázar *et al.* (2014) utilizó el desperdicio del *Agave lechuguilla* Torr. para la absorción de cobre del agua, en lugar de agentes químicos, recomendando a este como una alternativa viable de purificación con una eficiencia de 98.7 % en este proceso.

### **3.3. Calidad de la fibra**

Mayorga (2004) realizó una comparación con respecto a la calidad de la fibra obtenida, utilizó los procesos de obtención tanto manual como mecánico, definió como parámetros de evaluación las propiedades físicas y mecánicas de la fibra, considerando las variables densidad lineal o fineza, resistencia a la tensión, elongación máxima, daño mecánico y la coloración de la fibra.

El tallado mecánico genera efectos negativos para la comercialización de la fibra, uno de ellos es la menor calidad de la fibra, derivado del maltrato mecánico que sufre esta por los clavos y a una mayor cantidad de residuos adheridos a ella por lo que la fibra sufre manchado y no se seca uniformemente (Castillo *et al.*, 2005), lo cual afecta el precio que se tiene de comercialización.

Por su parte, Caballero *et al.* (2011) realizó pruebas de resistencia a la tensión y de relajación en hojas de *Agave angustifolia* Haw. con sujetos ubicados en una plantación en el estado de Oaxaca, con edades de cinco y ocho años, en este estudio se determinó que la fibra de este agave tiene un comportamiento similar a la fibra del sisal y del *Agave americana*, las cuales son consideradas como fibras duras dentro del mercado.

Mayorga *et al.* (2004) mencionan que la calidad de la fibra es afectada por el tipo de tallado al que es sometido el cogollo de la planta, ya sea mecánico o manual, la principal diferencia entre estas es la limpieza y la pureza del producto final, considera también que las principales características para determinar la calidad de la fibra son la limpieza, coloración y longitud de esta.

Cepeda (1949) citado por Marroquín *et al.* (1964) nos dice que la calidad de la fibra del agave aumenta cuando esta se desarrolla en suelos con alto contenido de materia orgánica en su evaluación de la distribución de la planta en el estado de Coahuila.

### 3.4. Estudios afines

#### 3.4.1. Producción

Berlanga *et al.* (1992), creó una tabla de producción en una población natural de lechuguilla, utilizando para ello datos individuales de altura de cogollo y diámetro basal, además menciona que al determinar la producción de poblaciones de lechuguilla hay que multiplicar por un 6.2%, al ser esta tallada mediante el método manual y por 8% cuando se utiliza una máquina para la extracción de la fibra.

Blando y Baca (2001), realizaron la determinación del potencial productivo del *Agave lechuguilla* Torr. en el municipio de San Juan de Guadalupe, Durango, por hectárea en diferentes topoformas del terreno, las cuales fueron; sierra, bajada, loma y meseta, encontrando rendimientos distintos entre estas, considerando el número de hojas tallables que conformaban la planta y la cobertura de ésta, en el un modelo de predicción desarrollado por ellos mismos.

Castillo (2012), realizó la descripción del establecimiento de una plantación de lechuguilla y su aprovechamiento, reportando una producción promedio por hectárea de 166 y 304 Kg ha<sup>-1</sup>, indicando que para el tercer año del establecimiento de la plantación, la producción aumentaría entre 220 y 560 Kg ha<sup>-1</sup>.

Martínez (2015), realizó la evaluación de modelos para predecir la producción de fibra seca del *Agave lechuguilla* Torr. y en base a la ecuación que mejor se ajustó a la producción de las plantas y con ello creo una tabla de producción para el área donde realizó el estudio, reportando que la producción de fibra seca es de 6.63% de su peso verde.

Velasco *et al.* (2009), desarrollaron modelos de predicción de la producción de fibra seca de *Agave lechuguilla* Torr. En tres municipios de San Luis Potosí, utilizando variables de fácil medición, las que fueron la altura del cogollo y el diámetro de este.

Morales (1988), desarrollo un modelo de predicción para la producción de fibra de *Agave lechuguilla* Torr. En el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, utilizando las variables de diámetro del cogollo y altura de esté.

### 3.4.2. Pruebas mecánicas

Caballero *et al.* (2011), realizaron un estudio en el cuál determinaron la recuperación elástica de la fibra de *Agave angustifolia* Haw. en el estado de Oaxaca, mediante la utilización de pruebas en la fibra, tales como la resistencia a la tensión y la elongación de la fibra.

Cortés (2009), realizó pruebas mecánicas en la fibra obtenida del bagazo proveniente de la producción de mezcal de *Agave angustifolia* Haw. en el estado Oaxaca, posterior a la colecta del residuo, midieron las secciones longitudinal y transversal a través de métodos microscópicos, así como pruebas de tensión, longitud constante y diámetro constante.

Mayorga (2004), en su trabajo de tesis titulado evaluación funcional y modificaciones a una máquina desfibadora de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), después de evaluar el funcionamiento de una máquina desfibadora, realizó pruebas de sus propiedades físico-mecánicas como la densidad lineal, resistencia a la tensión, elongación máxima, daño mecánico y coloración de las fibras.

Mayorga *et al.* (2004) comparó la calidad de la fibra obtenida mediante los métodos de tallado manual y mecánico de *Agave lechuguilla* Torr. de hojas colectadas en el Valle del Mezquital, Hidalgo, para lo cual realizó pruebas físico-mecánicas a la fibra, las que fueron resistencia a la tensión y elongación máxima, además de pruebas no mecánicas como densidad lineal o fineza, el daño mecánico y la coloración.

López (2008) realizó pruebas de resistencia a la tensión, calculó la densidad lineal, medición del área de la sección transversal, como propiedades o atributos que caracterizan a las fibras extraídas de las hojas de *Agave angustifolia* Haw. con fibras cultivadas en el estado de Oaxaca.

Castillo *et al.* (2013) comparó las propiedades físico-mecánicas de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo plantación y realizó pruebas de densidad lineal de la fibra, resistencia a la tensión y elongación máxima, analizando la diferencia entre estas propiedades de la fibra, así como el tratamiento dado a la plantación.



## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó en el paraje San Miguel, Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila ubicado en las coordenadas 25°36' latitud N y 100°49' longitud W (PROCEDE, 1993).

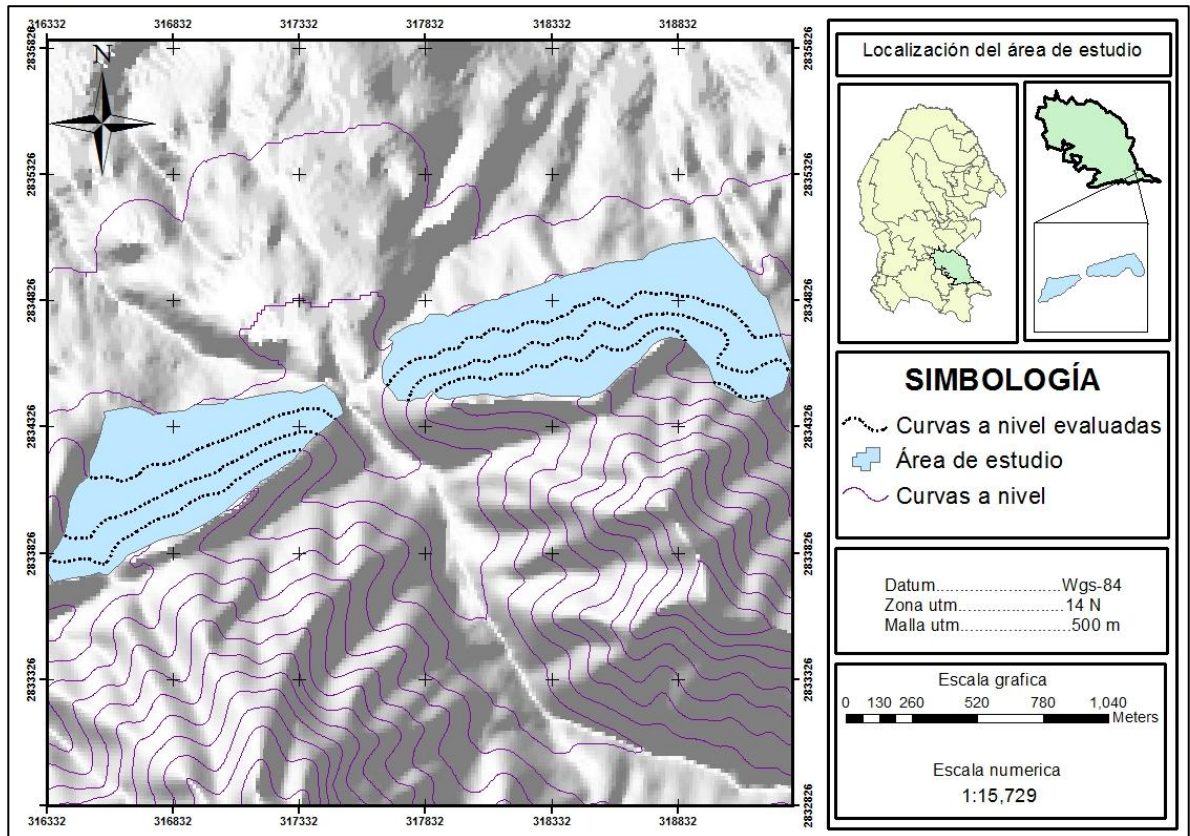


Figura 1. Mapa de localización del área de muestreo de *Agave lechuguilla* Torr. En el Ejido Ojo Caliente, Ramos Arizpe, Coahuila.

El Ejido Ojo Caliente forma parte de la región hidrológica Bravo-Conchos, Mapimí y Nazas-Aguanaval., en la cuenca R. Bravo San Juan, subcuenca R. San Miguel (INEGI, 2009), tiene un gradiente altitudinal que va desde los 1,300 a 1,500 msnm, con una pendiente que va desde cero hasta 70 %, la exposición dominante del terreno es la sur.

## **4.2. Descripción del medio físico**

### **4.2.1. Clima del área de estudio**

El clima predominante es muy árido, semi-cálido con clave BWhw, temperatura media anual entre 18 y 22 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C. Con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (García, 1998), el tipo de roca que predomina en el área de estudio es ígnea extrusiva y el suelo es aluvial, del periodo Cretácico (INEGI, 2009).

### **4.2.2 Tipo de suelo del área de estudio**

El tipo de suelo que se encuentra en el área, es Regosol Calcárico mas Xerosol haplico mas litosol con una clase textural media, con una fase física lítica, la clave que identifica el tipo de suelo del área de estudio es la siguiente: Rc+Xh+I/2/L (INEGI, 1995), el pH dominante en los suelos oscila entre 6 a 8.5, con un contenido de materia orgánica baja en este tipo de vegetación (Rzedowski, 2006).

### **4.2.3 Tipo de vegetación del área de estudio**

El tipo de vegetación que predomina es el del Matorral Desértico Rosetófilo (INEGI, 1999). El cual forma parte del tipo de vegetación del Matorral Xerófilo, encontrando a su interior posiciones muy bien marcadas de las familias Compositae, Cactáceae, Chenopodiaceae, con una interesante intervención de las monocotiledóneas. Además destacar que en nuestro país en este tipo de vegetación es muy rica en endemismos tanto a nivel específico como genérico (Rzedowski, 2006).

## **4.3 Metodología de muestreo**

### **4.3.1 Diseño de muestreo**

En el presente estudio se utilizó un diseño de muestreo sistemático (Matteucci y Colma, 1982) con un punto aleatorio para su primer sitio y los sitios posteriores fueron muestreados de una forma sistemática, siguiendo curvas a nivel

sobre la ladera, las cuales cumplieran con un gradiente altitudinal, consideradas en este caso posiciones topográficas, se consideró además la pendiente para la selección de las curvas a nivel.

#### 4.3.2 Tamaño y forma de sitios de muestreo

El presente estudio se utilizó sitios circulares de 100 m<sup>2</sup> (Berlanga *et al.*, 1992) los cuales se distribuyeron en las posiciones de ladera a una distancia de 90 m entre cada uno, se utilizó tres posiciones de ladera considerando que cumpliera con la clasificación de la pendiente del terreno como se observa en el Cuadro 1, FAO (2009).

Cuadro 1. Clasificación del terreno de acuerdo a su pendiente.

CLASE	DESCRIPCIÓN	%
1	Plano	0-0.2
2	Nivel	0.2-0.5
3	Cercano al nivel	0.5-1.0
4	Muy ligeramente inclinado	1.0-2.0
5	Ligeramente inclinado	2-5
6	Inclinado	5-10
7	Fuertemente inclinado	10-15
8	Moderadamente escarpado	15-30
9	Escarpado	30-60
10	Muy escarpado	>60

Fuente: FAO, 2009

Para este estudio se seleccionó las clases de pendiente moderadamente escarpado (8), escarpado (9) y muy escarpado (10) (Cuadro 1), consideran la curva a nivel ubicada sobre el área con esta pendiente, sobre la cual se distribuyó los sitios de muestreo y donde se evaluó aspectos dasométricos de la planta como la altura del cogollo, diámetro y la profundidad del suelo, en el presente estudio se consideraron como baja (8), media (9) y alta (10).

### 4.3.3. Variables de medición

A continuación se describe la metodología que se utilizó en el muestreo, primeramente se procedió a realizar un recorrido de campo previo al inicio de la evaluación, donde se determinó si el sitio era apto para los objetivos pretendidos. En base a un ensayo de evaluación se determinó, los tiempos y las posibles problemáticas en el proceso de esta y recabado de los datos en campo.

Una vez hecho el recorrido, en gabinete se procedió a realizar la delimitación del área de estudio, se seleccionaron tres curvas a nivel en donde se consideró cada curva como una parcela de evaluación, ahí se ubicaron los sitios de muestreo, tratando de conservar la pendiente de las curvas a nivel.

Posterior a esto, se procedió a capturar las coordenadas de los sitios a evaluar, considerando para su nomenclatura el número de línea que le corresponde y que número de sitio, posterior a esto se procedió a la ordenación de las coordenadas y se transfirieron a un GPS para su posterior localización en el área de estudio.

El recabado de los datos en el área de estudio se llevó a cabo de la siguiente manera, como primera parte de la evaluación y después de localizar el sitio, se compensó la pendiente, se delimitó el sitio de muestreo utilizando una cinta métrica, se dividió el sitio en cuadrantes, y se contó el número de plantas que existen dentro de cada uno de los cuadrantes, al mismo tiempo se clasificó a cada una de ellas en la categoría de altura a la que corresponden (Cuadro 2), considerando como referencia la longitud del cogollo de las plantas consideradas por la NOM-008-SEMARNAT-1996 estado de madurez de cosecha.

Cuadro 2 Clasificación de los cogollos de acuerdo a su altura.

Altura del Cogollo (cm)	Clasificación
< 12.4	Chico
12.5 – 24.9	Mediano
> 25	Grande

La clasificación de los cogollos se realizó midiendo la altura del cogollo de cada una de ellas (Berlanga *et al.*, 1992), una vez terminado el conteo y medición de los cogollos en cada cuadrante se seleccionó la planta promedio por cada tipo de planta (Cuadro 2), esta selección se llevó a cabo en cada cuadrante, cabe destacar que se consideró, además de lo presentado en el cuadro anterior las especificaciones de la NOM-008-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT, 1996), que define el tamaño mínimo del cogollo para su extracción y posterior aprovechamiento, el cual debe de ser como mínimo de 25 cm.

De las plantas seleccionadas en cada cuadrante a cada una de ellas se le extrajo el cogollo y se le midió la altura y el diámetro en la base de cada uno, además de contar el número de rosetas con las que contaba cada planta, para este procedimiento se extrajo la planta del suelo, adicionalmente se midió la profundidad del suelo del área de extracción de la planta; este proceso se llevó a cabo en cada una de las tres líneas dentro del área de estudio y se clasificó para cada una de ellas los datos obtenidos, la clasificación anterior se realizó para estimar la producción de kg de fibra por sitio.

Para la obtención de los cogollos a los cuales se les realizó el tratamiento de tallado manual y posteriores pruebas físico-mecánicas de las que se obtuvo la calidad de la fibra del área de estudio, se consideró para ello el total de sitios en cada línea de muestreo. Para la extracción de estos se utilizaron guantes, después de la extracción se midió la altura y el diámetro, por último se etiquetaron los cogollos, se les puso el número del sitio, la línea al que pertenece cada cogollo, por lo que se colectaron para el presente estudio un total de 30 cogollos por cada posición topográfica del terreno.

#### **4.3.4. Tallado de los cogollos**

Una vez colectado los cogollos en campo se procedió a realizar el tallado de estos, para lo cual se deshojó cada cogollo, proceso mediante el cual solo se eligieron las hojas más grandes, para su tallado se utilizó un tallador que se aseguró a una madera y otra debajo de este, se puso las hojas de la planta en medio de ambos y se aplicó presión entre estas, a la vez que se es jaló hacia el cuerpo del tallador, para realizar la acción de despulpado, se inició por la punta y

se repitió el proceso con la parte inicial o basal de la hoja (Mayorga, 2004). Al terminar este proceso, se etiquetó la fibra obtenida con el número de sitio y la posición topográfica a la que pertenecen, este proceso se repitió para cada uno de los cogollos, al final las fibras se secaron al sol de dos a tres días (Mayorga, 2004), y se guardaron en bolsas de papel estraza para su posterior utilización en la realización de las pruebas físico-mecánicas.

#### **4.3.5. Pruebas Físico-Mecánicas a la fibra**

Una vez que se obtuvo la fibra de los cogollos y estando seca, se procedió con la selección de los filamentos de la fibra obtenida para la realización de las pruebas, con una muestra de un solo filamento al azar por cada sitio de muestreo, es decir, se tomó una muestra de 30 filamentos por cada posición topográfica del terreno, para cada prueba se obtuvo un total de 90 filamentos, en este caso se realizaron las pruebas de resistencia a la tensión y de elongación máxima, para la primera prueba se marcaron segmentos de 100 mm de longitud en cada filamento y para la elongación máxima se utilizó las mismas dimensiones de segmentos a manipular (Castillo *et al.*, 2013).

Cabe destacar que las secciones utilizadas fueron de la parte central de los filamentos, es decir se trató de que las partes expuestas a la prueba fueran lo más homogéneas posibles en grosor, por lo que las partes terminales de los filamentos fueron utilizadas para ser montados en las mordazas de la máquina a utilizar (Castillo *et al.*, 2013).

Una vez que se realizó la selección de los filamentos, se procedió a trasladar las muestras para utilizar la máquina universal de esfuerzo INSTRON modelo 5592-F1-G1, localizada en el Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, en donde se realizó con ella en cada una de las muestras, las pruebas arriba mencionadas, a una velocidad constante de 2.5 mm/min hasta que los filamentos llegaran al punto de ruptura en ambas pruebas, los resultados obtenidos fueron anotados especificando a que sitio y posición topográfica pertenece el filamento examinado.

Las pruebas mencionadas anteriormente fueron realizadas bajo la supervisión del Dr. Juan Abel Nájera Luna y el Ing. Ricardo de La Cruz Carrera, ambos profesores investigadores de la institución.

#### 4.4. Metodología para la obtención de los resultados

Para la obtención de la producción promedio por sitio de fibra seca, en cada sitio, en las tres posiciones topográficas y por cada tipo de planta se utilizó el modelo de regresión desarrollado por Velasco *et al.* (2009) el cual es el siguiente.

$$\hat{Y} = 0.00040X_1^{1.52498} X_2^{2.20623}$$

Donde

$\hat{Y}$ : Peso seco estimado de la fibra de lechuguilla (g) por “cogollo”.

$X_1$ : Diámetro basal del “cogollo” (cm)

$X_2$ : Altura total del “cogollo” (cm)

En la cual se sustituyeron los valores de la altura y el diámetro promedio, del cogollo por cada tipo de planta del sitio.

La obtención de la altura y el diámetro promedio fue mediante el promedio de los datos de diámetro del cogollo de las plantas seleccionadas por cada tipo de estas y la altura de manera similar, realizando la medición de estas variables con un flexómetro graduado con aproximación a cm.

Los resultados de la calidad de la fibra fueron obtenidos mediante las pruebas de tensión y elongación máxima con una maquina universal INSTRON, a una velocidad de 2.5 mm/min, con probetas de 10 cm de longitud, registrando valores de kilogramos fuerza (kgf) que resiste la fibra al punto de ruptura y para los valores de elongación máxima se sustituyeron los valores la longitud final al punto de ruptura de la fibra en la siguiente formula.

$$\% \text{ de elongación} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

$L_0$  = Longitud inicial (marca de la calibración de la mordaza antes del ensayo)

$L$  = Longitud final.

Los valores obtenidos en la formula anterior y los valores de kilogramos fuerza fueron utilizados en los ANOVA.

#### **4.5. Análisis estadístico**

Una vez obtenidos los datos de la estimación de la producción, se creó una base de datos en Excel en la cual los datos se ordenaron por posición topográfica, tipo de planta y variables dasométricas evaluadas, una vez hecho esto se procedió a realizar pruebas de ajuste de normalidad de los datos, se utilizó las pruebas de Kolmogorov y de Shapiro wilk, las pruebas se realizaron en el paquete estadístico Statistica versión 7.

Posteriormente a la normalización de los datos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) bajo el diseño completamente al azar, con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  para las variables de producción y número de plantas promedio por cada tipo de planta, los tratamientos fueron las posiciones topográficas y las variables dependientes fueron la producción y número de plantas, también se realizó un ANOVA para las variables, altura promedio y diámetro promedio del cogollo por cada tipo de planta. Una vez realizado el ANOVA y para los casos en los que se presentó significancia, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey también con un  $\alpha=0.05$  de significancia.

Una vez que se realizó las pruebas de resistencia a la tensión y elongación máxima de las fibras, se creó una base de datos en la cual se ordenaron por línea, sitio, valor de kilogramos fuerza (kgf) y elongación máxima en %, posteriormente se procedió a determinar la normalidad de los datos obtenidos, para el análisis de varianza de los datos. Se utilizó el diseño completamente al azar, definido como tratamientos a las posiciones topográficas, y como variables dependientes a la elongación máxima y resistencia a la tensión.



## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En base a los objetivos planteados para el presente trabajo y después de desarrollar los análisis estadísticos necesarios para ellos, se obtuvieron los siguientes resultados.

### **5.1. Análisis del nivel de producción en kilogramos por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio**

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ), para cada uno del tipos de planta comparando la producción de fibra seca promedio por sitio, en las diferentes posiciones topográficas, se describió cada uno de estos análisis y los resultados encontrados.

El ANOVA ( $\alpha=0.05$ ) para el tipo de planta chica mostró que no existe diferencia significativa entre este tipo de planta en las diferentes posiciones ( $P>=0.16018$ ; Anexo 1), como se muestra en la Figura 2.

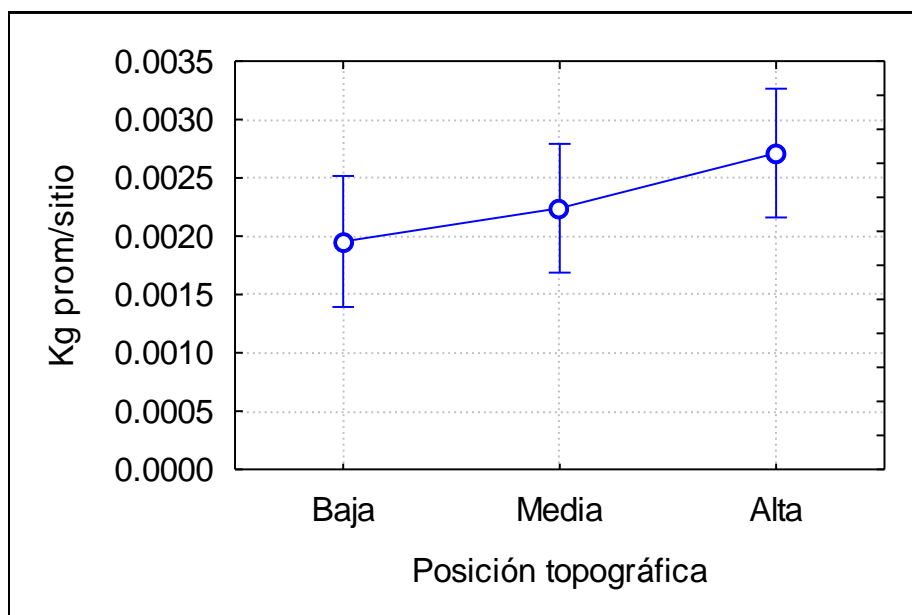


Figura 2. Producción de fibra seca promedio en plantas chicas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Por otra parte el ANOVA ( $\alpha=0.05$ ) para las plantas medianas en las distintas posiciones topográficas, mostró que existe diferencia significativa ( $P \geq 0.01201$ ; Anexo 2) para este tipo de planta en las distintas posiciones topográficas por lo que la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) arrojó dos grupos, en el primero se encontró a las posiciones topográficas baja y alta, en el grupo numero dos a la posición media, por lo que la diferencia se encuentra en la posición media (0.136585), en comparación con la posición topográfica baja y alta (0.079015 y 0.086196 respectivamente) (Cuadro 3; Figura 3)

Cuadro 3. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la producción promedio de fibra seca del tipo de planta mediana, N= 90

Posición topográfica	Kg promedio por sitio	Agrupación Tukey*	
		1	2
Baja	0.079015	A	
Alta	0.086196	A	

Media	0.136585	B
-------	----------	---

\* Letras iguales son estadísticamente iguales

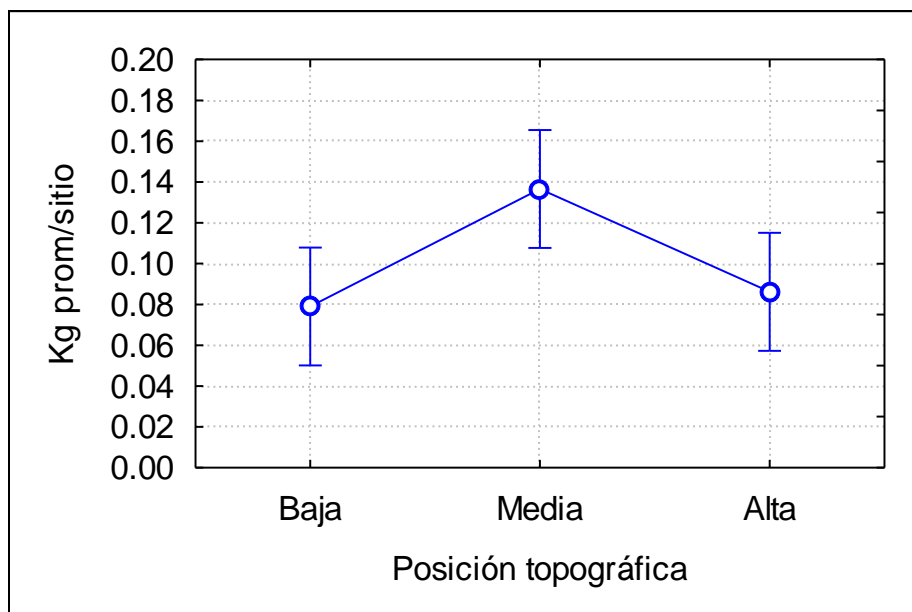


Figura 3. Producción de fibra seca promedio en plantas medianas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Por otra parte el ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el tipo de planta grande mostró que no existe diferencia significativa entre este tipo de planta en las diferentes posiciones ( $P>=0.12596$ ; Anexo 3; Figura 4).

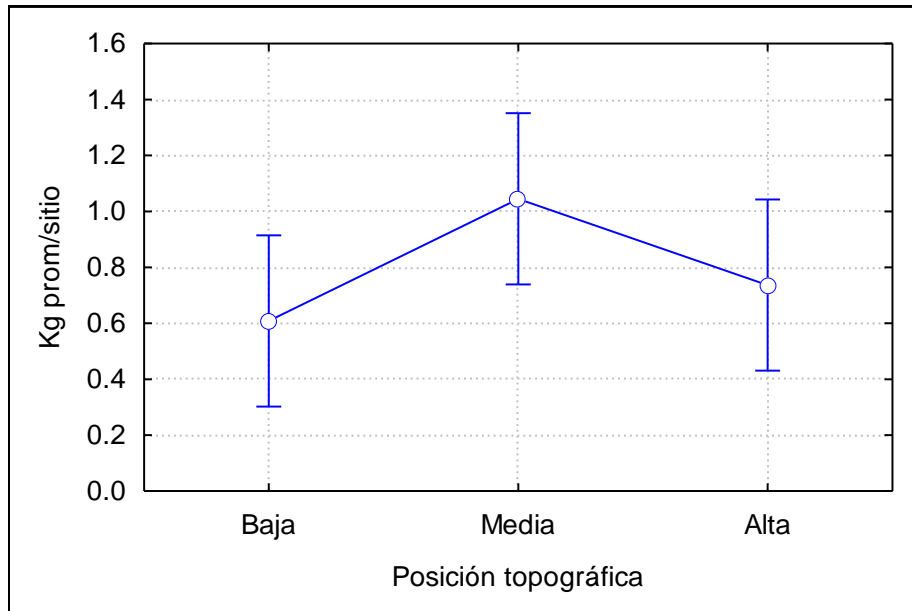


Figura 4. Producción de fibra seca promedio en plantas grandes en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

El valor de fibra seca promedio por hectárea para el área de estudio fue de 79.6 kg lo que es mayor a lo reportado por Martínez (2015) que fue de 42.59 kg/ha para poblaciones naturales de lechuguilla en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

Por su parte Berlanga *et al.* (1992) reporta un rango de producción que va de 74 a 79 kg/ha en un estudio en el campo experimental del INIFAP “la Saucedá”, Saltillo, Coahuila, producción que se considera similar a la encontrada en el presente estudio.

Cuadro 4. Comparación de los resultados de la producción de fibra seca por posición topográfica de las plantas tallables por hectárea

Posición topográfica	plantas por ha	Producción Ton/ha	Autor
Baja	10,747	61	
Media	14,293	74	Este estudio
Alta	10,700	104	
Sierra	3,392	154.675	Blando y Baca (2001)
Bajada	3,152	222.216	Blando y Baca (2001)
Loma	3,560	240.077	Blando y Baca (2001)
Meseta	1,520	85.880	Blando y Baca (2001)

Cabe mencionar que Blando y Baca (2001) utilizaron todas las hojas de la roseta para obtener la producción, por lo que la diferencia puede deberse a el número de hojas tallables, ya que el cogollo solo tiene un promedio de 6 a 8 hojas (Castillo *et al.*, 2012)

## 5.2. Análisis del número de plantas promedio por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio

Se realizó un ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el tipo de planta chica, comparando el número de plantas promedio para cada una de las diferentes posiciones topográficas, el cual mostró que no existe diferencia significativa entre este tipo de planta en las diferentes posiciones ( $P>=0.24759$ ; Anexo 4; Figura 5).

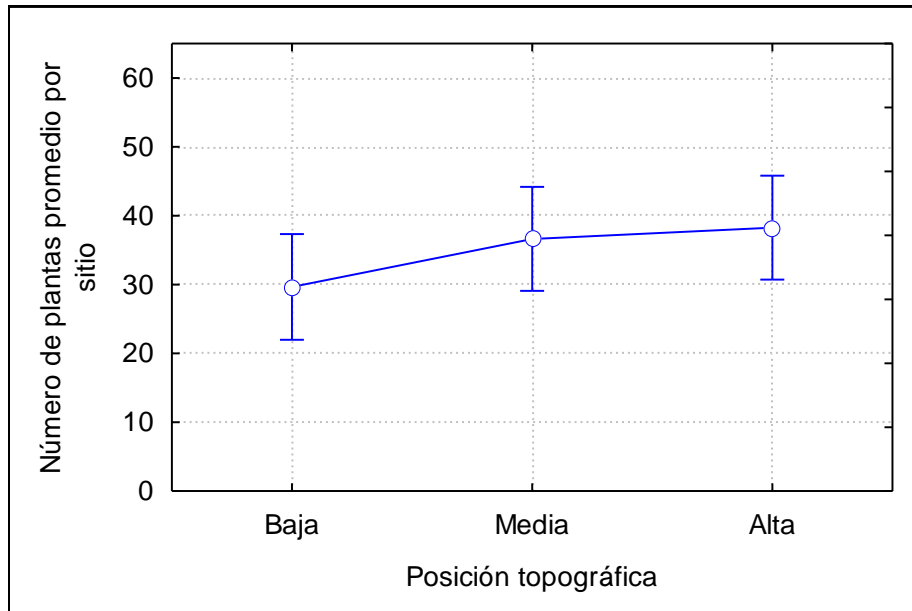


Figura 5. Número de plantas chicas promedio las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Por otra parte el ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el número de plantas medianas promedio por sitio, mostró que existe diferencia significativa ( $P>=0.01548$ ; Anexo 5) para este tipo de planta en las distintas posiciones topográficas.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró dos grupos, en el primero se encontró a las posiciones topográficas baja y alta, en el grupo numero dos a la posición alta y media, por lo que la diferencia se encuentra en las posiciones baja y media (86.2333 y 136.0000 respectivamente), en comparación con la posición topográfica alta (109.6667) (Cuadro 5; Figura 6)

Cuadro 5. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el número de plantas medianas por sitio promedio, N= 90

Posición topográfica	Número de plantas por sitio	Agrupación Tukey	
		1	2
Baja	86.2333	A	
Alta	109.6667	A	B
Media	136.0000		B

\* Letras iguales son estadísticamente iguales

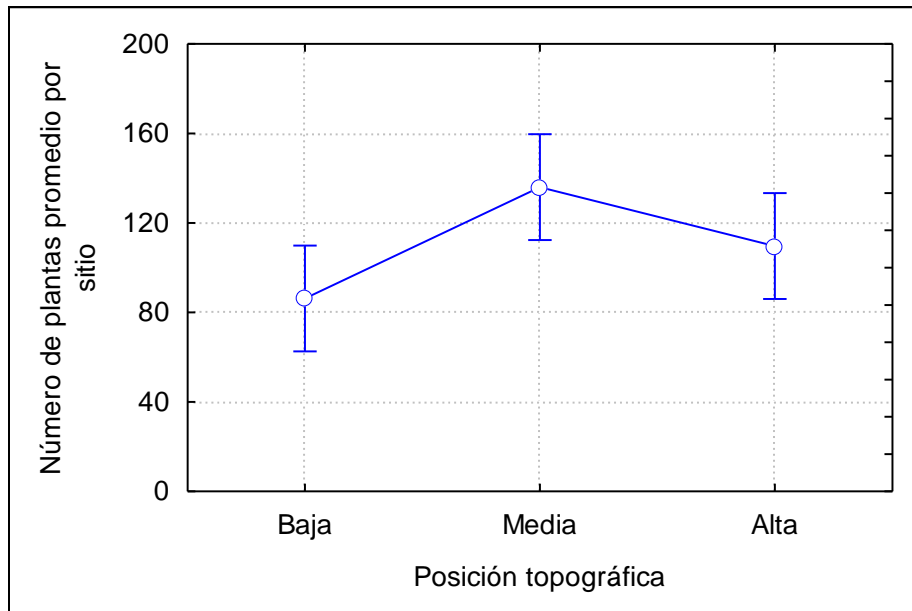


Figura 6. Número de plantas medianas promedio en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Para el número de plantas grandes, el ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ), mostró que no existe diferencia significativa entre este tipo de planta en las posiciones topográficas ( $P>=0.05598$ ; Anexo 6; Figura 7).

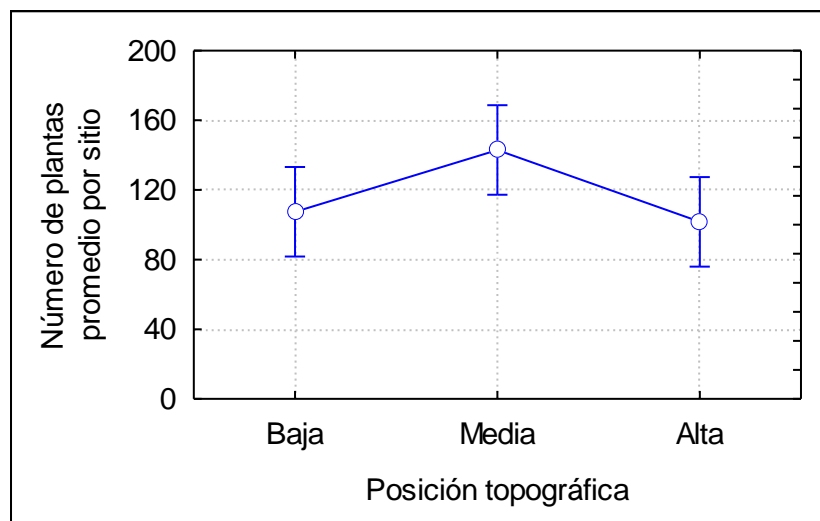


Figura 7. Número de plantas grandes promedio en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

En base a los datos de número de plantas promedio por sitio se estimó el número de plantas aprovechables por posición topográficas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de los resultados del número de plantas tallables por hectárea

Posición topográfica	Número de plantas por ha	Autor
Baja	10,700	
Media	14,300	Este estudio
Alta	10,200	
Sierra	3,392	Blando y Baca (2001)
Bajada	3,152	Blando y Baca (2001)
Loma	3,560	Blando y Baca (2001)
Meseta	1,520	Blando y Baca (2001)

En comparación con el número de plantas aprovechables reportadas por Blando y Baca (2001) por topoforma o posición topográfica, los resultados del presente estudio se encuentran muy encima de estos. El número de plantas aprovechables por hectárea es de 11,913 plantas, valor que está por encima de lo reportado por Martínez (2015), el cual fue de 2,237 plantas tallables por hectárea. El potencial productivo es en base a las plantas grandes ya que son las únicas aprovechables (SEMARNAT, 1996).

### **5.3. Análisis de la altura promedio del cogollo promedio por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio**

El ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el tipo de planta chica mostró que no existe diferencia significativa entre este tipo de planta en las posiciones topográficas ( $P>=0.99938$ ; Anexo 7; Figura 8).



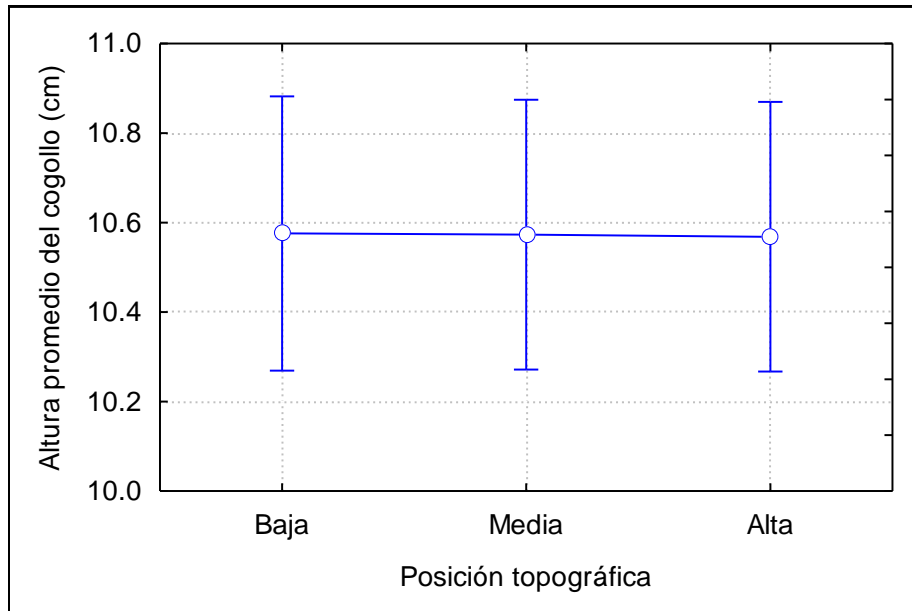


Figura 8. Altura promedio del cogollo para plantas chicas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Por otra parte el ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para la altura promedio en plantas medianas en las posiciones topográficas, mostró que existe diferencia significativa ( $P>=0.00986$ ; Anexo 8).

De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró dos grupos, en el primero se encontró a las posiciones topográficas baja y media, en el grupo numero dos a la posición alta, por lo que la diferencia se encuentra en la posición alta (20.90194), en comparación con las posiciones topográficas baja y media (21.83889 y 21.97083 respectivamente) (Cuadro 6; Figura 9).

Cuadro 7. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la altura promedio del cogollo por sitio para las plantas medianas, N= 90

Posición topográfica	Hco promedio por sitio	Agrupación Tukey*	
		1	2
Alta	20.90194		B
Baja	21.83889	A	
Media	21.97083	A	

\* Letras iguales son estadísticamente iguales; Hco = Altura del cogollo.

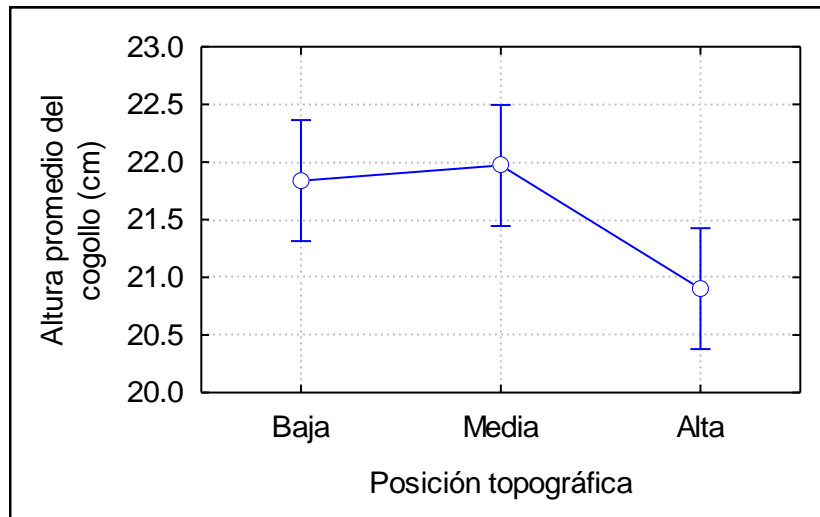


Figura 9. Altura promedio del cogollo para plantas medianas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90

El ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para plantas grandes en las posiciones topográficas, no mostró diferencia significativa entre este tipo de planta, en las diferentes posiciones ( $P>=0.22743$ ; Anexo 9; 10).

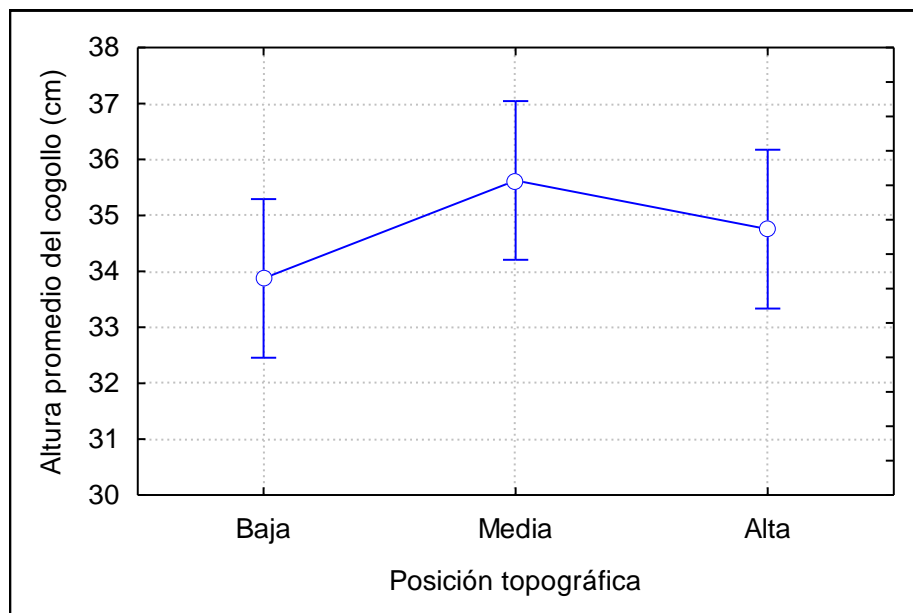


Figura 10. Altura promedio del cogollo para plantas grandes en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90

El valor de altura promedio para las plantas aprovechables en las tres posiciones topográficas es de 34.75 cm el cual es superior a la altura promedio reportada por Castillo *et al.*, (2008), el cual oscila entre los 25 a 33 cm, después de evaluar cinco plantaciones en las que aplico tratamientos de para evaluar su incremento.

Por otro lado, Berlanga *et al.* (1992) reporta para la creación de una tabla de producción la utilización de plantas con alturas que oscilan entre los 25 a 60 cm, mientras que la altura promedio encontrada en el presente estudio fue de 34.75 cm.

#### **5.4. Análisis del diámetro promedio del cogollo por posición topográfica y tipo de planta en el área de estudio.**

El ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro promedio para la planta chica comparando el diámetro promedio para cada una de las posiciones topográficas, mostro que no existe diferencia significativa entre este tipo de planta en las posiciones topográficas ( $P \geq 0.43185$ ; Anexo 10; Figura 11).

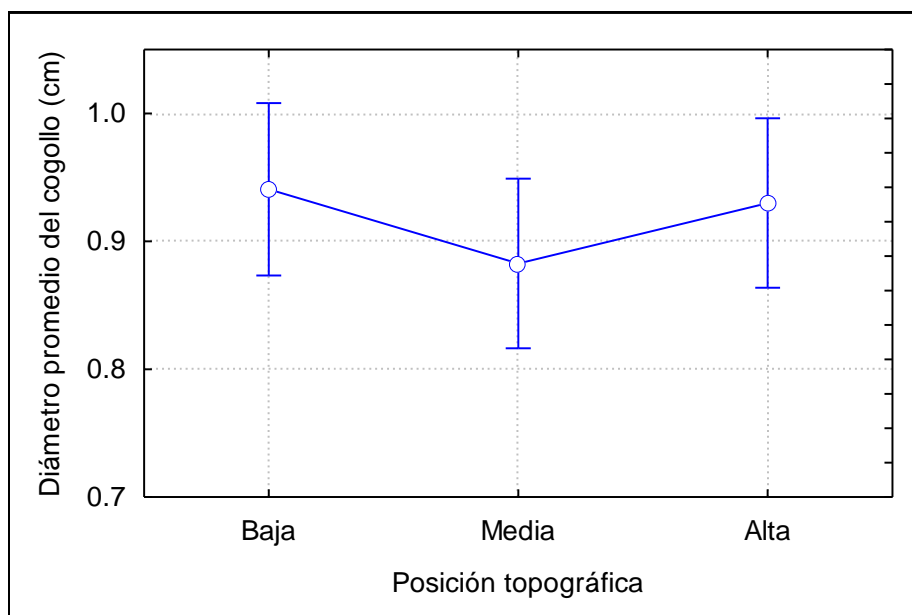


Figura 11. Diámetro promedio del cogollo para plantas chicas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90

Por otra parte el ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro del cogollo, mostró que existe diferencia significativa ( $P \geq 0.04013$ ; Anexo 11). De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) mostró dos grupos, en el primero se encontró a las posiciones topográficas alta y media, en el grupo número dos a las posiciones media y baja, por lo que la diferencia se encuentra entre las posiciones alta y baja (1.708889 y 1.878889 respectivamente), en comparación con la posición media (1.838889) (Cuadro 8; Figura 12).

Cuadro 8. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro promedio del cogollo por sitio del tipo de planta mediana, N= 90

Posición topográfica	Dco promedio por sitio	Agrupación de Tukey*	
		1	2
Alta	1.708889	A	
Media	1.838889	A	B
Baja	1.878889		B

\*Letras iguales son estadísticamente iguales; Dco = Diámetro del cogollo.

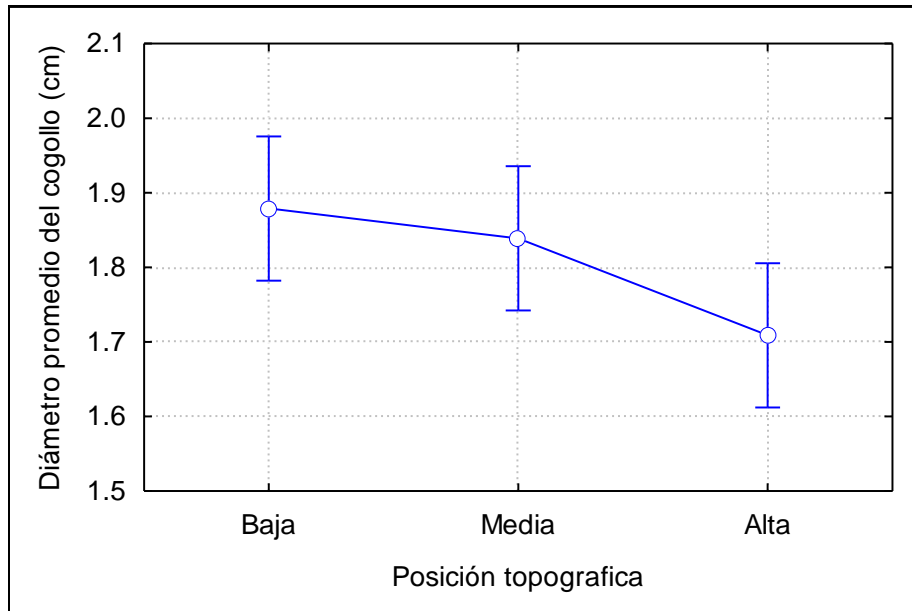


Figura 12. Diámetro promedio del cogollo para plantas medianas en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Por otra parte el ANOVA completamente al azar ( $\alpha=0.05$ ) para el diámetro promedio del cogollo de las plantas grandes, mostró que no existe diferencia significativa ( $P>=0.24229$ ; Anexo 12) para este tipo de planta en las posiciones topográficas (Figura 13).

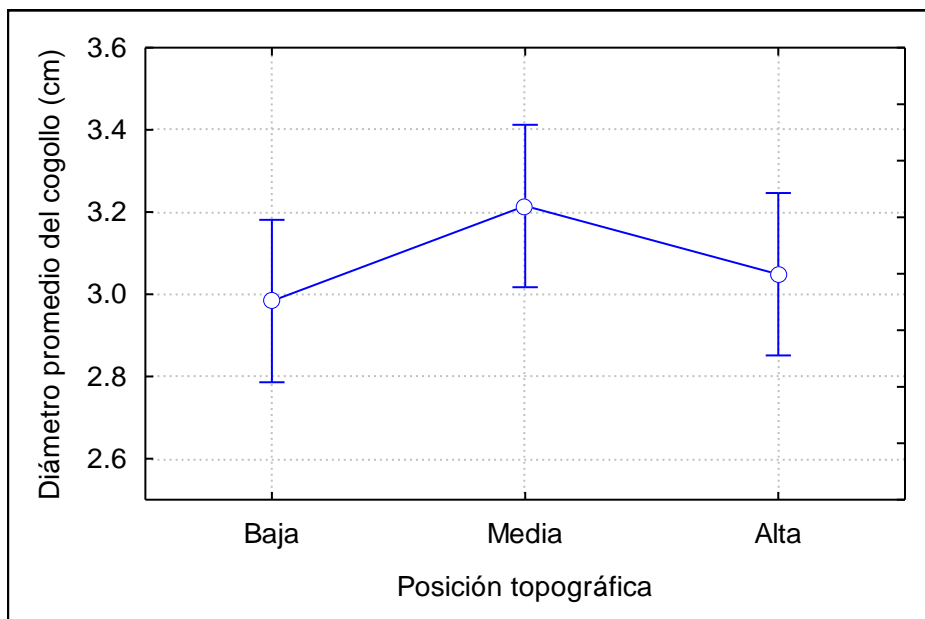


Figura 13. Diámetro promedio del cogollo para plantas grandes en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

El diámetro promedio encontrado en el presente estudio para las plantas aprovechables es de 3.08 cm, el cual se encuentra dentro del rango reportado por Martínez (2015) que oscila de 2.3 a 7.5 cm en cuyo estudio lo utilizó como una variable de sustitución en una ecuación de predicción del peso verde del cogollo de lechuguilla.

Por otro lado, Berlanga *et al.* (1992) reporta la utilización de plantas con un diámetro con un rango que va de 3 a 7 cm para la elaboración de una tabla de producción, por lo que el diámetro promedio encontrado en el presente estudio (3.08 cm), es similar a lo encontrado por dichos autores.

### **5.5. Análisis de las pruebas de resistencia de la fibra por posición topográfica en el área de estudio.**

El análisis de varianza (ANOVA) completamente al azar ( $\alpha = 0.05$ ) mostró que no existe diferencia significativa entre la resistencia máxima de las fibras ( $P \geq 0.19479$ ; Anexo 13) en las posiciones topográficas (Figura 14).

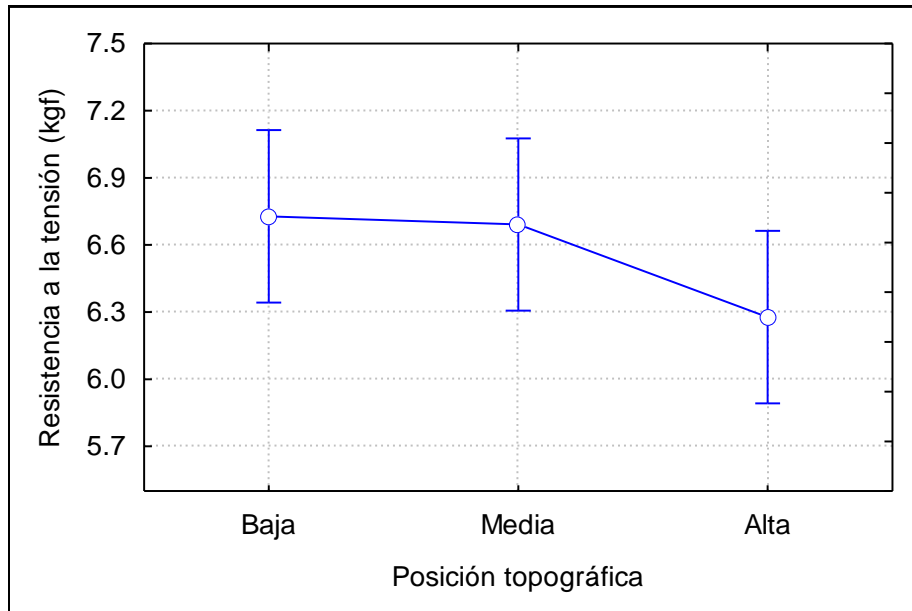


Figura 14. Resistencia a la tensión máxima promedio en kilogramos fuerza de las fibras, en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 %, N= 90.

Los resultados del presente trabajo coinciden con los resultados reportados por Castillo *et al.* (2013), ya que no existe diferencia significativa entre las cinco procedencias que evaluó, en los resultados de la prueba de resistencia a la tensión el obtiene un resultado que oscila entre los 19.67 a 22.84 Newton, sin embargo los valores obtenidos en el presente estudio son superiores a lo reportado en dicho estudio anterior con un promedio de 64.43 newton en la fibra del área de estudio, la alta diferencia encontrada entre el presente estudio y el de Castillo *et al.* (2013) talvez se deba a la velocidad con lo que fueron hechas las pruebas sobre la fibra. La velocidad que se utilizó en el presente estudio fue de 2.5 mm/min y Castillo *et al.* (2013) utiliza una velocidad de 50 mm/min.

Por su parte Mayorga (2004) reporta valores de resistencia a la tensión utilizando una velocidad de tensión de 50 mm/min de 6.79 y 8.14 Newton, para los tipos de tallado manual y mecánico respectivamente, por lo que el valor promedio que se encontró 64.43 Newton. Dicho valor es alto en comparación con el presente estudio, la diferencia de igual manera puede radicar en la velocidad de tensión.

También Mayorga *et al.* (2004), reporta valores de resistencia a la tensión de 18.91 y 21.04 Newton para los tipos de tallado manual y mecánico respectivamente, obtenidos a una velocidad de 50 mm/min, cuyos resultados se consideran bajos en comparación con los obtenidos en el presente estudio.

Por todo lo anterior se considera que la calidad de la fibra en base a esta prueba es buena.

### 5.6. Análisis de las pruebas de elongación máxima de la fibra por posición topográfica en el área de estudio.

El análisis de varianza (ANOVA) completamente al azar ( $\alpha= 0.05$ ) mostró que no existe diferencia significativa para la elongación máxima de la fibra ( $P>=0.12924$ ; Anexo 14) en las posiciones topográficas (Figura 15).

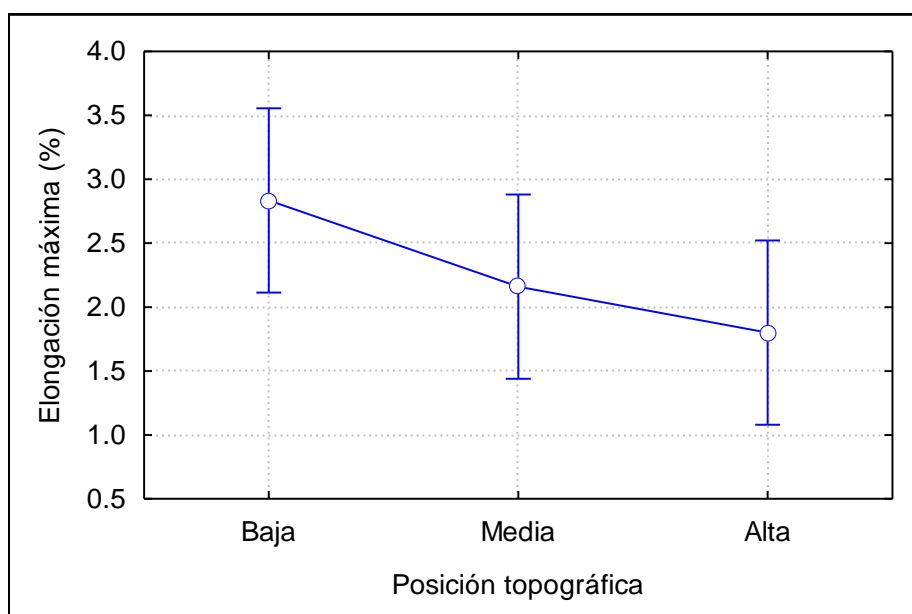


Figura 15. Elongación máxima promedio en porcentaje de las fibras, en las posiciones topográficas, la barra vertical indica el intervalo de confianza al 95 % N= 90

Los resultados obtenidos indican que las distintas posiciones de la ladera evaluadas en el presente estudio, no afectan a la elongación máxima que puede adquirir la fibra.



En el presente estudio se obtuvo una elongación máxima promedio del área de 2.26 % la cual está por debajo de lo reportado por Castillo *et al.* (2013), la cual oscila entre el 7.97 a 12.46 % obtenida a una velocidad de tensión de 50 mm/min, la velocidad de tensión utilizada en el presente estudio fue de 2.5 mm/min, es aquí dónde puede radicar la diferencia de los valores de elongación.

Por otra parte Mayorga (2004) reporta valores de elongación máxima de 6.42 y 7.17 % a una velocidad de tensión de 50 mm/min, para los tipos de tallado manual y mecánico respectivamente, por lo que el resultado obtenido en el presente estudio (2.26%) resulta ser bajo en comparación con dicho estudio, de igual manera esta diferencia puede estar influenciada por la velocidad de tensión sobre las fibras. De igual manera Mayorga *et al.*, (2004) reporta valores similares a el estudio anterior respecto a los resultados de elongación máxima.

En base a la comparación del valor obtenido en la prueba anterior y de estudios con similares pruebas, se considera que la calidad de la fibra es baja.

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo la hipótesis planteada para el presente trabajo y con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula, ya que se encontró que no existe diferencia significativa entre los indicadores de calidad de la fibra y de producción.

La producción de fibra seca es estadísticamente igual, lo que indica que la ubicación de las plantas en las posiciones topográficas no afecta a esta variable.

La resistencia a la tensión de la fibra no se encontró diferencia significativa en las posiciones topográficas, lo que indica que la posición topográfica de la planta no influye en la resistencia de la fibra.

La elongación máxima de la fibra no mostró diferencia significativa en las posiciones topográficas, lo que indica que la posición en la que crece la planta no influye en la elongación de la fibra.

La calidad de la fibra en base a las pruebas realizadas en general se considera como moderada a alta, sin embargo los resultados obtenidos de resistencia a la tensión y de elongación máxima no se consideran determinantes, ya que no existe una metodología única de evaluación.

## VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de producción del área de estudio, se considera factible realizar un aprovechamiento de la especie, siempre y cuando se haya elaborado su respectivo programa de manejo.

Para estudios posteriores utilizar un área más amplia con una mayor densidad de sitios de muestreo, para poder tener datos más confiables y comprobar si en una mayor área evaluada la posición topográfica influye en los valores de las variables evaluadas.

Comparar en varias poblaciones de lechuguilla, las pruebas realizadas de calidad de la fibra, considerando posiciones topográficas similares al presente estudio y ver si existen resultados similares a los encontrados.

Se recomienda la creación de una metodología estándar en la evaluación de los parámetros de la calidad de la fibra, ya que no existe una establecida, esto facilitaría la comparación entre estudios y la determinación de ésta.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Alanís F., G.J., y M. González A. 2011. Formas de uso de los magueyes (*Agave* spp.) En Nuevo León, México. Revista Salud Pública y nutrición, edición especial 5: 287-299.
- Alcázar M., F., J. Proal N., T. Gallardo V., I. Cháirez H., C. Antileo H., y A Alvarado de la P. 2014. Aplicación de extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en la remoción de cobre (II) en modelos de agua por aglomeración esférica. Revista Mexicana de Ingeniería Química 13 (2): 605-617.
- APG II. 2003. An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. Botanical Journal of the Linnean Society 141:399-436.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161:105-121.
- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H., Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Folleto técnico No. 1 SARH-INIFAP-CIRNE. Campo Experimental. "La Saucedá", Saltillo, Coahuila, 22 p.
- Blando N., J. L. y S. Baca M. 2001. Determinación del potencial productivo de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Dgo. Revista Chapingo. Serie Zonas Áridas 2 (2): 100-105.
- Caballero C., M., S. Santos L. y J. L. Montes B. 2010. Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave. *In*: Memorias Del XVI Congreso Internacional anual de la SOMIM, 22 al 24 de septiembre del 2010, Monterrey, Nuevo León, México.
- Caballero C., M., S. Santos L. y L. A. Rios S. 2011. Recuperación elástica y deformación en fibras de hojas del *Agave angustifolia* HAW. *In*: Memorias del XVII congreso internacional anual de la SOMIM 21 al 23 de septiembre del 2011, San Luis Potosí, México pp. 756-761.

- Castillo Q., D., A. Cano P. y C. A. Berlanga R. 2012. Establecimiento y aprovechamiento de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). Primera edición 2012. Comisión Nacional Forestal-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias, México. 35 p.
- Castillo Q., D., C. A. Berlanga R. y A. Cano P. 2005. Recolección, extracción y uso de la fibra de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el estado de Coahuila. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas, centro de investigación regional del noreste, Campo experimental saltillo. Publicación especial número 6 México. 13 p.
- Castillo Q., D., C. A. Berlanga R., M. Pando M. y A. Cano P. 2008. Regeneración del cogollo de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo cultivo. Revista Ciencia Forestal en México 33: 27-40.
- Castillo Q., D., O. U. Martínez B., L. J. Ríos G., J. A. Rodríguez de la G., T. K. Morales M., F. Castillo R., D. y Y. Ávila F. 2014. Determinación de áreas potenciales para plantaciones de *Agave lechuguilla* Torr. para la producción de etanol. Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila 6 (12): 5-11.
- Castillo Q., D., J. T. Sáenz R., M. Narcia V. y J. A. Vázquez R. 2013. Propiedades físico-mecánicas de la fibra de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo plantaciones. Revista Mexicana Ciencia Forestal 4 (19): 78-91.
- Cepeda A., R.1940.Fibra de lechuguilla. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Escuela Superior de Agricultura.80 p.
- Cervantes R., M. C. 2005. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. *In*: Memorias del X Encuentro de Geógrafos da América Latina, 20-26 de marzo de 2005, Universidad de São Paulo pp. 3389-3407.
- Cortés M., C. I. 2009. Propiedades mecánicas a la tensión de las fibras del bagazo del *Agave angustifolia* Haw. residuo proveniente de la producción artesanal del mezcal. Tesis de maestría. Instituto politécnico nacional, centro

- interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Oaxaca.117 p.
- Díaz B., D. I., L. J. Ríos G., J. A. Rodríguez de la G. y Y. Garza. 2015. Producción de bioetanol 2g por Sacarificación y Fermentación Simultanea (SFS) de biomasa de *Agave lechuguilla*. In: Memorias del XII encuentro participación de la mujer en la ciencia 13-15 de mayo de 2015, León, Guanajuato, México.
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Roma.99 p.
- García, E. 1998. Cartas Clima Köppen modificada por E.García. 1: 1,000,000. ESRI, Shape file. [En línea] Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Climas. [Fecha de consulta: 23 de marzo del 2015]. Disponible en: < <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> >
- Gómez L., F. 2011. Aprovechamiento, manejo y valoración de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. 195 p.
- INEGI. 1995. Edafología. 1: 1,000,000. ESRI. Shape file. [En línea] INEGI [Fecha de consulta: 15 de marzo del 2015] disponible: en: <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologa/infoescala.aspx>>.
- INEGI. 1999. Uso de suelo y vegetación. 1: 1,000,000. ESRI. Shape file [en línea] INEGI [Fecha de consulta 24 de marzo del 2015]. Disponible en <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usosuelo/Default.aspx>>.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos; Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza. [En línea]. INEGI [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2015]. Disponible en: <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/05/05027.pdf> >.
- Juárez A., C. A., P. Rodríguez L., R. Rivera V. y Ma. de los A. Rechy de V. R. 2004. Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto, Revista Ingenierías. 7 (22): 7-19.
- Kalan Kaash S.C. 2009. Estudio orientado a identificar los mercados y canales de comercialización internacionales para la oferta de productos de ixtle con valor agregado. 388 p.

- López H., I. 2008. Pruebas de resistencia a la tensión en fibras de las hojas del *Agave angustifolia* Haw. para determinar su comportamiento mecánico. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Oaxaca. 152 p.
- Marroquín S., J., G. Borja L. y J. A. De la Cruz C. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Publicación especial 2. Instituto nacional de investigaciones forestales pp: 50-143
- Martínez B., O. U., D. Castillo Q. y O. Mares A. 2011. Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el estado de Coahuila. Folleto técnico No. 47 INIFAP. Campo Experimental "Saltillo", Saltillo, Coahuila, 36 p.
- Martínez T., G. 2015. Estimación del Peso verde del Cogollo y Rendimiento de Fibra de *Agave Lechuguilla* Torr. en Mazapil, Zacatecas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 65 p.
- Matteucci, S. D. y A Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Organización de los Estados Americanos. Whashington, D.C. 168 p.
- Mayorga H., E., D. Rössel K., H. Ortiz L., A.R. Quero C. y A. Amante O. 2004. Análisis comparativo en la calidad de fibra de *Agave lecheguilla* Torr., procesada manual y mecánicamente. Revista Agrociencia 38: 219-225.
- Mayorga H., E. 2004. Evaluación funcional y modificaciones a una máquina desfibradora de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 105 p.
- Morales B, S. 1988. Análisis dimensional en lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en "La Saucedá" Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 56 p.
- Nobel, P., S. and E. Quero. 1986. Enviromental productivity indices for a Chihuahuan desert CAM plant, *Agave lechuguilla*. Ecology. 67 (1):1-11.
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SEMARNAT-1996. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de cogollos. Diario Oficial de la Federación (DOF). Actualizado 23 de Abril de 2003. 10 p.

- Parra N., L. A., P. Del Villar Q. y A. Prieto R. 2010. Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías. *Acta Universitaria*. 20 (3): 77-83.
- PROCEDE. 1993. Shape file. Polígonos ejidales
- Reyes C, R. 1980. La lechuguilla (*Agave lechuguilla*) como un importante factor en la formación de suelo de las zonas áridas. *In: Memorias de la Primera reunión nacional sobre Ecología, Manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto*. Monterrey Nuevo León, México del 27 al 31 de enero de 1980 pp: 390-393.
- Romahn De La Vega C.F. 1985. Principales Productos Forestales No Maderables De México. Universidad Autónoma Chapingo. 559 p.
- Rzedowski, R., J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital. México. 504 pp. [En línea]. CONABIO. [Fecha de consulta: 25 de marzo del 2015]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/librosdigitales/VegetaciondeMexico/portadaypaglegales.pdf>
- Velasco B., E., A. Arredondo G., M. C. Zamora M. y F. Moreno S. 2009. Modelos predictivos para la producción de productos forestales no maderables, lechuguilla. Manual Técnico Núm. 2. CENID-COMEF. INIFAP, DF. México, 56 p.
- Zapién B, M. 1980. Evaluación de la producción de ixtle de lechuguilla en cuatro sitios diferentes. *In: memorias de la Primera reunión nacional sobre Ecología, Manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto*. Monterrey Nuevo León, México del 27 al 31 de enero de 1980 pp: 385-389.





## **ANEXOS**

Anexo 1. ANOVA de producción del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	0.000	2	0.000	1.8710	0.16018

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 2. ANOVA de producción del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	0.059	2	0.030	4.6543	0.01201*

\*Diferencias significativas  $\alpha=0.05$ ; F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 3. ANOVA de producción del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	3.018	2	1.509	2.1219	0.12596

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 4. ANOVA del número de plantas promedio, del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	1228	2	613.9	1.4189	0.24759

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 5. ANOVA del número de plantas promedio, del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	372E2	2	186E2	4.3748	0.01548

\*Diferencias significativas  $\alpha=0.05$ ; F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 6. ANOVA del número de plantas promedio, del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	299E2	2	150E2	2.9805	0.05598

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 7. ANOVA de la altura promedio, del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	0.001	2	0.000	0.00062	0.99938

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 8. ANOVA de la altura promedio, del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	20.38	2	10.19	4.8735	0.00986

\*Diferencias altamente significativas  $\alpha=0.05$ ; F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 9. ANOVA de la altura promedio, del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	46.07	2	23.03	1.5064	0.22743

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 10. ANOVA del diámetro promedio, del tipo de planta chica, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	0.057	2	0.028	0.84794	0.43185

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 11. ANOVA del diámetro promedio, del tipo de planta mediana, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	0.474	2	0.237	3.3375	0.04013

\*Diferencias significativas  $\alpha=0.05$ ; F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 12. ANOVA del diámetro promedio, del tipo de planta grande, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	0.854	2	0.427	1.4410	0.24229

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 13. ANOVA de la resistencia a la tensión de la fibra, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	3.755	2	1.878	1.6670	0.19479

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 14. ANOVA de la elongación máxima de la fibra, en las tres posiciones topográficas.

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr>F
Posición topográfica	16.54	2	8.271	2.0949	0.12924

F.V.= Fuente de variación; SC= Suma de cuadrados; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios, F= F calculada; Pr>F= Probabilidad de F calculada.