

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Almacenamiento de Semilla de Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) y su Efecto  
en la Calidad Fisiológica

Por:

**GERARDO GARNICA CHICO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Almacenamiento de Semilla de Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) y su Efecto  
en la Calidad Fisiológica

Por:

**GERARDO GARNICA CHICO**

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor Principal



M.P. Adriana Antonio Bautista

Coasesor



M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por permitirme darme la oportunidad de estar con vida, por darme unos excelentes padres y hermanos. Gracias por cada momento compartido con todos mis seres queridos pues me han ayudado a crecer tanto personal como profesionalmente para lograr ser quien soy ahora.

### **A mi Alma Mater Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Gracias a mi amada Universidad por todo lo que me ha brindado tanto personalmente como profesionalmente y los lindos recuerdos que llevo de ella

### **A mis Padres**

Por darme la vida, y guiarme por el buen camino, por todo el apoyo y confianza, los amo.

### **A Verence Alcocer Duarte**

Por el gran apoyo, compañerismo, motivación, amistad incondicional, consejos en el transcurso de nuestra formación académica.

### **A Mayra Verónica Orozco Núñez**

Por su amistad, lealtad, compañerismo, por su apoyo moral, por sus consejos y en especial por los buenos deseos de superación hacia mi persona.

### **A Lucia Monserrat Treviño Ruiz**

Por su amistad, cariño, alegría contagiosa, su sentido del humor, su humildad, la manera tan sutil de tratar a los de más, por sus consejos, apoyo incondicional y sobre todo por el gran corazón que tiene, muchas gracias Lucia.

### **Mary Peralta**

Por su amistad, apoyo, su alegría y su ayuda durante el tiempo que la he conocido.

### **Marcela Rivera**

Por su amistad su compañerismo, su apoyo, sus buenos deseos y su humildad.

**Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

Por su confianza, apoyo, amistad enseñanzas, consejos y en especial por hacer realidad mi meta de ser Ingeniero Agrónomo de la narro

**M.P. Adriana Antonio Bautista**

Por su amistad, confianza, enseñanzas, regaños, consejos; los cuales me ayudaron a crecer como persona y aplicarlos en el ámbito profesional, sin perder la humildad.

**M.P Víctor Manuel Villanueva Coronado**

Por su apoyo incondicional, sus enseñanzas, consejos, confianza amistad incondicional.

**Dr. David Sánchez Aspeytia**

Por su dedicación y tiempo prestado a la hora de realizar revisión al proyecto de investigación.

A mis amigos **Ángel García Giménez y Cristopper Ramírez**

Por ser unos grandes amigos, compañeros de aventuras, de momentos agradables y por ser parte de mi formación gracias a la vivencia experimentada en la Universidad.

A los Amigos del Internado **La Colorada Gto VL, C3**

Por las aventuras compartidas y anécdotas que forman parte de mi vida y sobre todo por su amistad y a los que me apoyaron al momento de realizar mi experimento de tesis (Miguel, Cesar, Fernando, Juan Jesús, Luis Rey, Juan Octavio M, Brayan G, Jesus sancrri).

## **DEDICATORIAS**

### **A Mis Padres**

Gerardo Garnica e Irene Chico por ser mi inspiración y guía en los momentos difíciles, por apoyarme y nunca abandonarme por enseñarme a luchar por mis sueños y nunca rendirme, por su amor incondicional por su comprensión y confianza en mí.

### **A mis Tíos**

Por su apoyo incondicional y enseñanzas amistad, confianza y por alentarme a ser mejor persona en especial a María Jesús Chico, Luis Alberto Chico, Manuel Chico, Héctor Chico, Enrique Chico y Marielena Chico.

### **A mis Hermanos**

**Juan Jesús, Norberto y Yanira Guadalupe**, por su cariño, apoyo y compañía desde pequeños, por inspirarme a ser mejor persona día a día para ejemplo de superación para ellos mismos.

### **A mis Abuelitos**

Carmen Cabello, Jesús Chico y Nicolás Garnica, por su cariño, consejos, apoyo, motivación para seguir siempre adelante y ser siempre excelentes personas ante cualquier circunstancia.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>vi</b>
Objetivo general.....	2
Objetivo específicos.....	2
Hipótesis.....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
Generalidades.....	3
Clasificación taxonómica.....	4
Descripción Botánica.....	5
Distribución.....	6
Importancia ecológica.....	7
Importancia económica.....	8
Importancia social.....	8
Propagación.....	9
Deterioro de la semilla.....	10
Factores que determinan la pérdida de semilla en semilla en almacén .....	11

Almacenamiento.....	11
Preceptos de almacenamiento.....	12
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
Descripción del sitio experimental.....	14
Material biológico utilizado.....	14
Tiempo y Condiciones de Almacenamiento.....	14
Parámetros Evaluados.....	15
Contenido de Humedad.....	15
Germinación estándar.....	16
Plántulas normales.....	16
Plántulas anormales.....	16
Semillas duras.....	17
Semillas muertas.....	17
Diseño experimental.....	17
Modelo lineal.....	18
Análisis Estadístico.....	18
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
Cuadrados Medios de los parámetros evaluados de los parámetros evaluados.....	19
Comparación de medias de la fuente de la variable Temperatura (T°).....	20

Comparación de medias para la variable Humedad Relativa (HR). .....	21
Comparación de medias de la variable Muestreo (M).....	23
Comparación de medias para interacción Temperatura por Humedad (T°*H.R).....	26
Comparación de medias de la interacción Temperatura por Muestreo (T°*M).....	28
Comparación de medias de la interacción Humedad Relativa por Muestreo (H.R*M).....	30
Triple interacción de la variable Semillas Muertas(SM).....	34
Triple interacción de la variable Semillas Germinadas (SG).....	35
Triple interacción de la variable Semillas Duras (SD).....	36
Triple interacción de la Variable Plántulas Normales (PN).....	37
Triple interacción de la variable Plántulas Anormales (PA).....	38
Triple interacción de la variable Humedad de la Semillas (HS).....	39
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>41</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados Medios de los parámetros evaluados de los parámetros evaluados.....	19
Cuadro 2. Comparación de medias de la fuente de la variable Temperatura ( $T^{\circ}$ ).....	20
Cuadro 3. Comparación de medias para la variable Humedad Relativa (HR).....	21
Cuadro 4. : Comparación de medias de la variable Muestreo (M).....	23
Cuadro 5. Comparación de medias para interacción Temperatura por Humedad ( $T^{\circ}$ *H.R.).....	26
Cuadro 6. Comparación de medias de la interacción Temperatura por Muestreo ( $T^{\circ}$ *M).....	28
Cuadro 7. Comparación de medias de la interacción Humedad Relativa por Muestreo (H.R*M).....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Triple interacción de la variable Semillas Muertas(SM).....	34
Figura 2. Triple interacción de la variable Semillas Germinadas (SG).....	35
Figura 3. Triple interacción de la variable Semillas Duras (SD).....	36
Figura 4. Triple interacción de la Variable Plántulas Normales (PN).....	37
Figura 5 Triple interacción de la variable Plántulas Anormales (PA).....	38
Figura 6 Triple interacción de la variable Humedad de la Semillas (HS).....	39

## RESUMEN

La lechuguilla (*Agave lechuguilla*) es una planta de las zonas áridas y semiáridas de México y sur de Estados Unidos, utilizada por su fibra desde hace por lo menos unos 8 000 años. El objetivo de esta investigación fue Conocer el comportamiento de la semilla de lechuguilla a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa sobre la calidad fisiológica. La cual fue realizada en el Laboratorio de Almacenamiento de Granos y Semillas del Centro de capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro perteneciente al departamento de Fitomejoramiento, en el año 2017-2018. La semilla con la cual se trabajo fue recolectada en el 2016 en el ejido Punta Santa Elena del municipio de Saltillo, Coahuila. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial y con cuatro repeticiones. La semilla se almaceno por un periodo de 90 días bajo condiciones de 60, 75, 80 y 85% de humedad relativa y 5°C, 15°C y 25°C de temperatura. En base a ello se evaluaron los siguientes parámetros: Contenido de humedad, Germinación Estándar, Plántulas Anormales, Plántulas normales, Semillas Muertas y semillas duras las cuales nos arrojaron que abaja temperatura y humedad relativa durante el almacenamiento el porcentaje de germinación disminuye muy significativamente.

**Palabras clave:** *Agave lechuguilla* Torr. Humedad Relativa, Almacenamiento, germinación, temperatura.



## INTRODUCCIÓN

El matorral desértico rosetófilo es una comunidad vegetal que ocupa una considerable superficie en las zonas áridas de México, en regiones cuya precipitación oscila entre los 200 a 500 mm en promedio anual.

La lechuguilla (*Agave lechuguilla*) es una planta de las zonas áridas y semiáridas de México y sur de Estados Unidos, utilizada por su fibra desde hace por lo menos unos 8 000 años; actualmente es fundamental para la economía de unos 20 000 recolectores y sus familias.

En los últimos 40 años, la deforestación y degradación de ecosistemas forestales ha sido uno de los problemas más graves de estas zonas, la tarea de evaluación y análisis del fenómeno de deforestación es compleja, ya que tiene orígenes y causas múltiples que responden a la gran variación de condiciones biofísicas y socioeconómicas del país entre los que destaca la sobrepoblación, incendios, plagas, enfermedades y falta de semillas de este tipo de áreas mutiladas.

Las semillas forestales están consideradas como una de las fuentes más importante de germoplasma primario y hasta el momento constituyen el material mayormente utilizado para la producción masiva de plantas, sin embargo dada su variación botánica, genética, ecológica, fisiológica, química,

física y económica que presentan las semillas forestales, su utilización se ha visto limitada cuando se desconocen sus características fundamentales.

Al realizar un adecuado almacenamiento de semillas se necesita minimizar principalmente la pérdida de viabilidad, ya que la semilla es un ser vivo que tiende a deteriorarse y el buen almacenamiento sólo hará que este proceso sea más lento, pero en ningún momento se tendrá por ser inexorable e irreversible el problema más importante es tomar en cuenta cómo debe conservarse la semilla antes de que sea dañada.

### **Objetivos**

**Objetivo General:** Conocer el comportamiento de la semilla de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa sobre la calidad fisiológica.

**Objetivo específico:** Determinar la mejor temperatura y humedad relativa que mantenga por mayor tiempo de almacenamiento la calidad fisiológica.

### **Hipótesis**

A temperatura y humedades relativas bajas, la longevidad será mejor y preserva la calidad fisiológica de la semilla de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

La lechuguilla aporta importantes beneficios socioeconómicos a los pobladores del área rural, debido a que la extracción de su fibra ha constituido una actividad de subsistencia familiar por generaciones (más de 70 años) y representa empleos directos; además de, las ventajas que significa la comercialización de la materia prima que de ella se obtiene y que es transformada para elaborar diversos productos que, eventualmente, se convertirán en bienes de consumo (Castillo *et al.*, 2011).

En el mundo se producen fibras naturales de origen vegetal o biofibras, y en ese contexto México destaca porque posee una gran diversidad de especies productoras de dicho material que proceden, principalmente, de la familia Agavaceae, a la que pertenece la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), taxón nativo de las zonas áridas y semiáridas del sur de los Estados Unidos de América y de México (Castillo *et al.*, 2011).

La fibra de lechuguilla (ixtle) o Tampico fiber, como se conoce a nivel internacional, tiene una excelente calidad por su dureza, alta resistencia y durabilidad; por lo que se utiliza en la fabricación de diferentes utensilios domésticos (sogas, estropajos para el baño personal, cepillos y brochas para

maquillaje) y dada su alta capacidad de absorción de agua (65%) y su resistencia a solventes químicos, calor, ácidos diluidos y concentrados, productos abrasivos, destilados del petróleo, alcoholes y aceites vegetales es empleada como sustituto de las cerdas en la fabricación de cepillos industriales, para la limpieza y la construcción (Lawrence Long Ltd., 2004; Fibras Saltillo, 2005).

Las perspectivas actuales de comercialización de la fibra de lechuguilla son alentadoras, debido a la presencia de un mercado nacional e internacional bien establecido con tendencias a una mayor demanda de fibras naturales, en los que 93% de la producción nacional se destina a la exportación, lo que genera una fuente de ingreso de divisas para el país. Cabe señalar que México es la única nación exportadora. Entre 2003 y 2007 se registraron ventas de 350 mil dólares (Castillo *et al.*, 2011; SEMARNAT, 2010).

### **Clasificación Taxonómica**

De acuerdo a lo citado por Martínez (2015), la clasificación de *Agave lechuguilla* Torr. Es de la siguiente manera:

**Reino:** Metaphyta (Plantae)

**Phylum:** Spermatophyta (Embriophyta Siphonogama)

**Subphylum:** Angiospermas (Antophyta)

**Clase:** Monocotyledoneae

**Orden:** Agavales (Liliflorales, Liliales o Liliflorae)

**Familia:** Agavaceae (Amaryllidaceae)

**Género:** Agave (subgénero *Littaea*)

**Especie:** Lechuguilla Torr.



## **Descripción Botánica**

Es una planta fibrosa rustica que puede resistir por periodos prolongado de sequía, crece en suelos arcillosos pero es más común encontrarlas en zonas con suelos rocosos y calizos, las hojas terminan en forma de punta con una apariencia fuerte y rígida bastante dura y afilada, además, además es una planta con mucho contenido de aguas ricas en sales minerales. (Marroquin F., j.s., G.Borja L., R. Velazquez C., J. A. de la Cruz C.1964.)

## **Flor**

Esta especie florece una vez al año, la flor aparece del cogollo de la planta el cual, puede llegar a medir 3 metro de altura si las características climáticas y del suelo lo permite, esto, es llamado vulgarmente “quiote” o “garrocha” .Su característica principal son plantas adaptadas a condiciones de aridez sus hojas nacen del centro del tronco (caudex), dando el aspecto de una roseta, son lanceoladas, encorvadas hacia el centro de la planta ; estas terminan en un micrón bastante duro y agudo, de color moreno, de 30 a 40 mm, sus bordes están protegidos por una serie de espinas ganchudas de color gris o café vueltas hacia la base de la hoja; la longitud de las hojas separadas de la planta, es de 20 a 50 cm y de 4 a 6 cm de ancho ( Cruz y Medina, 1988 ).

## **Raíces**

Someras y ramificadas, cutícula gruesa, suculenta, estomas hundidos, metabolismo fotosintético y metabolismo acido de crasuláceas, son algunos de

los atributos que le permiten establecerse en zonas carentes de agua (Cruz y Medina, 1988).

### **Fruto**

Es una capsula café o negra que crecen de 1.5 a 2.5 de longitud por 1.2 a 1.5 cm de diámetro; oblonga, a menudo cilíndrica a obtuso triangular, con tres cámaras. (Cruz y Medina, 1988).

### **Distribución**

*Agave lechuguilla* es el taxón del subgénero *Littae* con distribución geográfica más amplia; según Nobel (1998), es una especie que se presenta en 100000 km<sup>2</sup>, desde Texas y Nuevo México, hasta Querétaro, Hidalgo y Guanajuato; además, es probable que existan más individuos de lechuguilla, que de cualquiera de las más de 125 especies de *Agave* que existen México (García y Galván, 1995; Gentry, 1982; et al., 1981; Nobel, 1998).

*Agave lechuguilla* se encuentra en todo el desierto de Chihuahua, desde el Valle de México hasta el sur de Texas y Nuevo México, EE. UU. ( Gentry, 1982 ; Briones, 1994 ).

La lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) es una especie propia de las zonas áridas y semiáridas de México y sur de los Estados Unidos de América y es la más representativa del Desierto Chihuahuense (Nobel y Quero, 1986). Se distribuye en grandes extensiones del país, primordialmente en los estados de

Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Durango y en menor proporción en el centro de México (Marroquín *et al.*, 1981).

Su área de distribución nacional cubre una superficie aproximada a los 20 millones de hectáreas, que corresponden a 10% del territorio; comprende los estados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Durango, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (Castillo *et al.*, 2011).

La planta de lechuguilla es nativa de las zonas áridas y semiáridas del sur de los Estados Unidos y México, identificada como *Agave lechuguilla* la cual es considerada una de las especies más comunes en el desierto chihuahuense (Castillo *et al.*, 2011). Se distribuye principalmente en el matorral desértico retófilo y el matorral desértico microfilo. En regiones cuya precipitación oscila entre 200 a 500 mm y una altitud entre 200 a 2400m.s.n.m. (Mayorga *et al.*, 2004; Castillo, 2008).

### **Importancia Ecológica**

Reyes *et al.* (2000) menciona que el *Agave lechuguilla* es una planta con metabolismo fotosintético tipo CAM, ya que en su ambiente natural la mayor absorción de CO<sub>2</sub> la realiza durante toda la noche. La lechuguilla constituye un recurso ecológico, ya que tiene varias funciones importantes, pues además de la formación, conservación y retención del suelo, tiene un papel muy eficaz contra el impacto de los procesos erosivos (Bautista y Martínez, 2012).

Eguiarte y Souza (2007) documentan que las poblaciones naturales, son indicadores de la presencia de los polinizadores nocturnos y diurnos, tales

como murciélagos, colibríes y las abejas principalmente, la cual se refleja directamente en la fecundidad de las plantas y son los que se encargan de asegurar la producción de frutos y semillas.

### **Importancia Económica**

Al igual que muchos de los *taxa* vegetales de importancia económica de las zonas áridas y semiáridas, la lechuguilla ha estado sometida a una sobreexplotación, lo que ha provocado que sus poblaciones disminuyan, a tal grado que, cada vez es más difícil obtener la materia prima de poblaciones naturales y que además, se haya generado deterioro en los ecosistemas donde habita. Con la finalidad de contribuir a resolver esa problemática, se han realizado acciones para lograr un mejor aprovechamiento con técnicas que involucran desde metodologías para la evaluación y manejo de las poblaciones naturales (Berlanga *et al.*, 1991).

### **Importancia Social**

El aprovechamiento de esta especie representa el mayor valor socioeconómico de las zonas áridas y semiáridas del noreste del país, es una actividad de subsistencia de más de 52,000 familias campesinas de la región ixtlera del país, para algunas familias la recolección de los cogollos, es la única y principal

fuente de ingresos, (Berlanga *et al.*, 1992; Zamora *et al.*, 2007; Narcia *et al.*, 2012).

### **Propagación**

La lechuguilla tiene dos estrategias de regeneración, se reproduce tanto de manera sexual como asexual. Al igual que la mayoría de las especies de *Agave*, la lechuguilla muere después de florecer y fructificar. Sheldon (1980) alude que si la planta está sometida a un aprovechamiento ordenado, la vida del organismo puede prolongarse hasta 6 años o más. Según Freeman y Reid (1985), en un estudio realizado en la región de El Paso Texas, afirman que *Agave lechuguilla* florece entre los meses de mayo y junio, pero cuando hay años de sequía, esto puede ocurrir en octubre o noviembre; también lograron observar que la reproducción de la lechuguilla es en su mayor parte, por vía asexual, por renuevos rizomáticos de las plantas madres, llamados vástagos, hijatos, clones, retoños o hijuelos.

*Agave lechuguilla* se puede reproducir sexual y asexualmente:

1. La reproducción asexual se lleva a cabo a partir de alguna parte vegetativa de la planta como yemas axilares, tallos, hojas y raíz.
2. La forma de reproducción sexual es por medio de la diseminación de semillas, la cual solo germina si se encuentra en condiciones adecuadas y si los inhibidores químicos que la constituyen se han eliminado (Flores *et al.*, 1986)

Las semillas son numerosas, planas y brillantes, y aunque son viables, la planta se produce en forma natural de manera asexual, por medio de hijuelos que brotan del pie de la planta. La propagación por semilla solo se logra de manera artificial, fuera del campo y bajo cuidados de vivero. Una vez que la lechuguilla florece y se ha manifestado su reproducción por hijuelos, la planta madre muere (Padilla, 2004).

### **Deterioro de la semilla**

Las semillas están únicamente equipadas para sobrevivir como organismos viables regenerativos únicamente hasta que el tiempo y el lugar sean los adecuados para el comienzo de una nueva generación; sin embargo como cualquier otra forma de vida, ellos no pueden conservar su viabilidad indefinidamente y eventualmente se deterioran y mueren. Afortunadamente ni la naturaleza ni las prácticas agrícolas ordinarias requieren que las semillas sobrevivan por un tiempo más largo, hasta llegar al siguiente periodo de cultivo, aunque las semillas de algunas especies pueden sobrevivir por más tiempo en condiciones propicias (Vázquez, 2012).

El deterioro de la semilla se puede definir de la siguiente manera:

El deterioro se refiere al complejo de cambios que ocurren con el transcurrir del tiempo, que causan perjuicios a los sistemas y funciones vitales y disminuyen la capacidad de desempeño de la semilla. El deterioro de semillas incluye cualquier transformación degenerativa irreversible, después de que la semilla ha alcanzado su máximo nivel de calidad (máximo contenido de materia

seca).Por lo cual es inexorable, irreversible y mínimo en la madurez; su progreso es variable entre las especies, entre lotes de semilla de una misma especie y entre semillas del mismo lote (Delouche, 1976)

**Factores que determinan las pérdidas de semilla en almacén son:**

- Altos contenidos de humedad del producto almacenado.
- Elevada temperatura y/o humedad en el ambiente.
- Elevado porcentaje de impurezas mezcladas en granos y semillas como por ejemplo; granos o semillas quebradas, restos de plantas, insectos muertos y tierra.
- Carencia de almacenes adecuados.
- Presencia de insectos, hongos, bacterias y roedores.
- Manejo deficiente.
- Desconocimiento de los principios de la conservación (SAGARPA,2017)

**Almacenamiento**

Dentro de los preceptos de almacenamiento (Harrington, 1973) se refleja que la baja calidad de las semillas no se mejoran en el almacén, esto sólo se mantendrá durante cierto periodo de tiempo en el almacenamiento.

Las condiciones ambientales en las regiones tropicales son generalmente más pobres para el almacenamiento de semillas, que esas de las regiones templadas, por eso el almacenamiento de semilla es un gran problema en el

trópico, sin embargo en el trópico hay zonas específicas que presentan condiciones para un almacenamiento adecuado de semilla de diferentes especies. (Ellis, 1991).

Vázquez, (2012) cita a Millar, (1993) el cual menciona que el almacenamiento de semillas permite la conservación de la diversidad genética, la que es importante para proveer de materia prima en programas de mejoramiento, para evitar los efectos nocivos de la autogamia y en la protección contra riesgos de destrucción por plagas y patógenos. Por lo general, las semillas de las especies forestales son almacenadas en rangos de temperatura que varían de 4°C a – 20°C; pero, en la mayoría de los casos, las semillas almacenadas a estas temperaturas empiezan a perder viabilidad en poco tiempo.

### **Preceptos de almacenamiento**

De acuerdo a Delouche (1976) describe algunos preceptos básicos que deben considerarse para la buena conservación de semillas y/o de granos.

1. La calidad de la semilla no se mejora con el almacenamiento
2. El contenido de humedad y la temperatura de la semilla son los factores más importantes que influyen en el almacenamiento.
3. La humedad de la semilla está en función de la humedad relativa y de la temperatura.
4. El contenido de humedad es más importante que la temperatura.
5. Las mejores condiciones para el almacenamiento son un lugar fresco y seco.



**6.** Las semillas dañadas inmaduras y deterioradas no se conservan tan bien como las semillas maduras, sanas y vigorosas.

**7.** La longevidad de la semilla es una característica de las semillas.

A los preceptos antes mencionados Harrington (1959) propone dos más: La disminución del 1% en el contenido de humedad y 10°F en temperatura se duplica el porcentaje de almacenamiento de la semilla.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del Sitio Experimental**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Almacenamiento de Granos y semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la UAAAN, situada geográficamente a 25°21'13" Latitud Norte, Longitud Oeste de 101°01'01", Latitud Oeste: con una altura sobre el nivel del mar de 1742msnm en Buenavista, Saltillo Coahuila.

### **Material Biológico Utilizado**

Se utilizó semilla colectada en el 2016 en el ejido Punta Santa Elena del municipio de Saltillo, Coahuila.

### **Tiempo y Condiciones de Almacenamiento**

La semilla de *agave lechuguilla torr*, se almaceno por un periodo de 90 días bajo condiciones de 60, 75, 80 y 85% de humedad relativa y 5°C, 15°C y 25°C de temperatura. Para alcanzar las humedades relativas de almacenamiento de 60% se utilizó una solución sobresaturada de glucosa, para 75% Cloruro de Sodio

(NaCl), para 80% sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  y para 85% cloruro de potasio (KCl), (Winston y Bates, 1960). Las 240 unidades experimentales, fueron colocadas en mallas de tela perforadas y estas a su vez se distribuyeron al azar en las cámaras de plástico que conformaban cada uno de los ambientes del almacén, además estas se sellaron con cinta adhesiva, para que las soluciones actuaran correctamente. Las muestras fueron evaluadas cada 0, 15, 30, 60 y 90 días con 4 repeticiones.

## **Parámetros Evaluados**

### **Contenido de Humedad**

Esta variable se realizó en base a las reglas de la ISTA (2004), se determinó el contenido de humedad de la semilla de la siguiente manera; se tomaron cuatro repeticiones de 30 semillas, estas se pusieron en cajas de aluminio con tapa previamente pesadas. Enseguida se pesaron las cajas con la semilla y estas fueron puestas en la estufa a  $103^\circ\text{C}$  por  $17 \pm 1$  hr. Transcurrido el tiempo de secado, las cajas se retiraron de la estufa, se pusieron en el desecador aproximadamente 15 minutos para que estas se enfriaran y no absorbiera humedad, por último las muestras se pesaron. Los resultados se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{P2 - P3}{P2 - P1} * 100$$

Donde:

P1= Peso de la caja y su tapa.

P2= Peso de la caja, la tapa y la semilla húmeda.

P3= Peso de la caja, la tapa y la semilla después del periodo de secado.

### **Germinación Estándar**

Se utilizaron cuatro repeticiones de 30 semillas. Se emplearon hojas de papel previamente humedecidas donde fueron colocadas las 30 semillas, se identificaron y finalmente se colocaron en la cámara de germinación a 20- 25°C por un tiempo de 8 días, al transcurrir este periodo se realizó un conteo del total de plántulas normales, plántulas anormales y semillas muertas, los resultados se reportaron en porcentaje (ISTA, 2004).

### **Plántulas normales**

Se considera plántulas normales aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir en condiciones favorables de agua, luz y temperatura.

### **Plántulas anormales**

Las que no se pueden clasificar como normales por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que les impide su desarrollo normal en condiciones favorables de agua luz y temperatura.

### **Semillas duras**

Son aquellas que permanecen duras al final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua porque tienen cubierta impermeable.

### **Semillas muertas**

Aquellas que no germinen y que se le clasifique como latentes o duras, deberán ser consideradas como semillas muertas.

## **Diseño Experimental**

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con arreglo factorial donde:

Factor A= Temperatura

Factor B= Humedad Relativa

Factor C = Tiempo

Se realizó comparación de medias con la Prueba de Tukey con un nivel de significancia al 95% como sigue:

$$w = q x \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Donde:

Q= valor de Tabla Tuckey.

$$\sqrt{\frac{CME}{r}} = \text{Error estándar de la media.}$$

## Modelo Lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + H_j + TH_{ij} + F_k + TF_{ik} + HF_{jk} + THF_{ijk} + \Sigma\Sigma_{ijkl}$$

Donde:

$\mu$  = Efecto de la media

$T_i$  = Efecto de la temperatura

$H_j$  = Efecto de la humedad

$TH_{ij}$  = Interacción de los factores Temperatura y Humedad

$F_k$  = Efecto del tiempo

$TF_{ik}$  = Interacción de los factores Temperatura y Tiempo

$HF_{jk}$  = Interacción de los factores Humedad y Tiempo

$THF_{ijk}$  = Interacción de los tres factores: Temperatura Humedad y Tiempo

$\Sigma\Sigma_{ijkl}$  = El efecto del error experimental

## Análisis Estadístico

El análisis de los datos se llevó a cabo en el lenguaje y ambiente de computo estadístico R (R Core Team, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Cuadrados medios de los parámetros evaluados, Laboratorio de Almacenamiento de Granos y Semillas

<b>FV</b>	<b>HS</b>	<b>SG</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>SM</b>	<b>SD</b>
<b>T</b>	141.65**	4506**	6997.3**	252.8	4268.4**	26.4043**
<b>HR</b>	482.42**	8966.8**	6657.5**	200.3	9749.1**	27.0136**
<b>M</b>	72.83**	3441.1**	11704.7**	4294.8**	3398**	17.4813**
<b>TE*HR</b>	17.89**	1978.5**	1052.5**	267	2095.7**	13.3431**
<b>TE*M</b>	10.94**	1768.7**	416.2**	584.2**	1721.1**	15.0486**
<b>HR*M</b>	25.04**	1203**	1291.4**	239.3*	1333.9**	12.0369**
<b>TE*HR*M</b>	6.91**	689.1**	907.9**	308.1**	718.4**	26.2338**

T=Temperatura, HR= Humedad relativa, M=Muestreo.

En base al análisis de varianza obtenido para las variables humedad de la semilla (HS), semillas germinadas (SG), semillas muertas (SM), semillas duras (SD), para las fuentes de variación: Temperatura (T°), Humedad Relativa (HR), Muestreo (M), Temperatura por humedad relativa (TE\*HR), Temperatura por muestreo (TE\*M), Humedad relativa por muestreo (HR\*M) y la triple interacción Temperatura por humedad relativa por muestreo resultaron altamente significativas a  $P \leq 0.01$ .

Para la variable plantas normales (PN) en la fuentes de variación T°, HR, M, la interacción TE\*HR, la interacción T°\*M, la interacción HR\*M y la triple interacción TE\*HR\*M resultaron altamente significativas.



Para la variable Plantas anormales (PA) en la fuente de variación, Muestreo (M), la interacción Temperatura por Muestreo (M) y la triple interacción Temperatura por Humedad relativa por Muestreo (TE\*HR\*M) resultaron altamente significativas a  $P \leq 0.01$  y significativo en la interacción Humedad Relativa por Muestreo (HR\*M).

En base a los resultados que se obtuvieron del análisis de varianza para las variables y las fuentes de variación que resultaron significativas (\*) y altamente significativas (\*\*) se llevó a cabo una comparación de medias de Tuckey (99%)

Cuadro 2. Comparación de medias de la variable Temperatura (T°).

TEMPERATURA	HS	SG	PN	PA	SM	SD
5°C	16.34 a	83.42 a	67.63 a	15.80 a	15.66 b	0.06 <sup>a</sup>
					24.14 b	
15°C	15.79 a	75.79 a	62.35 a	13.45 a		0.06 a
25°C	13.55 b	63.43 b	48.57 b	14.53 a	35.92 a	0.96 a

De acuerdo a la comparación de medias, para la variable HS, SG y PA se observó que en la temperatura uno y dos se presentaron los valores más altos de acuerdo al porcentaje de los valores obtenidos que entre esas dos temperaturas no se encontró diferencia significativa pero en comparación con la temperatura tres que si se encontraron de acuerdo a los resultados estadísticos.

En las variables plántulas anormales y semillas duras no se encontraron diferencias significativas entre los valores pero si se observaron diferencias en el porcentaje de plántulas anormales y semillas duras.

En la variable semillas muertas se observó que en la temperatura tres se encontraron los valores más altos de semillas muertas lo cual fue de 35.92% resultando ser altamente significativo en comparación con los otros tratamientos (1 y 2).

Cuadro 3. Comparación de medias para la variable humedad relativa (HR).

<b>HUMEDAD RELATIVA</b>	<b>HS</b>	<b>SG</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>SM</b>	<b>SD</b>
<b>60%</b>	10.96 c	85.46 a	<b>70.69 a</b>	15.04 a	13.22 b	1.06 ab
<b>75%</b>	14.90 b	<b>86.63 a</b>	68.73 a	<b>17.30 a</b>	12.57 b	<b>1.51 a</b>
<b>80%</b>	17.20 a	61.02 b	47.77 b	13.26 a	<b>38.97 a</b>	0 b
<b>85%</b>	<b>17.94 a</b>	64.51 b	51.65 b	12.87 a	35.40 a	0.08 b

En la fuente de variación humedad relativa en la variable humedad de la semilla (HS) donde la humedad relativa cuatro (85%) presento el mayor porcentaje de humedad de la semilla bajo esta condición la semilla tuvo mayor facilidad para perder su viabilidad.

Con relación a la variable semilla germinada (SG), el mayor porcentaje de semillas germinadas fue en la humedad relativa dos (75%), donde se presentó el mayor porcentaje de germinación con 86.63%; debido a que a esa humedad

relativa la semilla tubo una mayor respuesta en comparación con las otras humedades relativas.

En la variable plántulas normales (PN) presentó el valor más alto al inicio del almacenamiento, siendo este de 70.69% el porciento de plántulas normales que disminuye a medida que aumenta la humedad relativa afectando el deterioro de la semilla.

La variable Plántulas anormales (PA) presentó el valor más bajo al final del almacenamiento con la humedad relativa cuatro (85%) debido a que la cubierta de la asemilla influye en su germinación y su almacenamiento, el porciento de plántulas anormales incremento estadísticamente a una baja humedad relativa.

El porcentaje de semillas muertas (SM) de acuerdo a las pruebas de media de la fuente humedad relativa que se presentaron durante las evaluaciones esto pude acelerarse debido al deterioro de la semilla a medida que se incrementa la humedad relativa.

Los resultados obtenidos de la comparación de medias de la variable semillas duras (SD) con lo referente a la fuente de variación humedad relativa se observan el porcentaje más alto de semillas duras en la humedad relativa dos (75%) con 1.51% siendo el mayor estadísticamente, en cambio el porcentaje más bajo de semillas duras se observó en la humedad relativa tres (80%) con ninguna semilla dura.

Con referencia a lo obtenido coincide con lo mencionado por Harrington (1973) señala en uno de los preceptos de almacenamiento que la humedad relativa es más importante que la temperatura para la conservación de semillas.

Cuadro 4. Comparación de medias para la variable Muestreo (M).

<b>MUESTREO</b>	<b>HS</b>	<b>SG</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>SM</b>	<b>SD</b>
<b>1</b>	9.37 b	<b>100 a</b>	<b>96 a</b>	4 c	0 c	0 ab
<b>2</b>	15.12 a	84.72 a	76.10 a	8.62 bc	15.02 c	0.25 ab
<b>3</b>	15.15 a	70.47 ab	39.85 b	<b>30.16 a</b>	30 ab	0 b
<b>4</b>	14.72 a	77.35 a	71.16 a	6.08 c	21.22 bc	<b>1.54 a</b>
<b>5</b>	<b>16.48 a</b>	62.93 b	48.60 b	14.50 b	<b>36.02<sup>a</sup></b>	0.91 ab

De acuerdo a las diferencias estadísticas detectadas en la fuente muestreos para la variable humedad de la semilla (HS), se realizó la comparación de medias, donde el valor más alto se manifiesta en el muestreo cinco con 16.48 %, durante el transcurso de los muestreos se fue presentando un aumento de humedad en la semilla debido al transcurso del almacenamiento.

Con lo observado en la comparación de medias por la fuente de variación muestreo para la variable semillas germinadas, el valor más alto se manifestó en el primer muestreo con 100% de semillas germinadas , durante el transcurso de los muestreos se presentó una disminución de la germinación debido al deterioro fisiológico que sufre la semilla. Por tal manera que en el quinto muestreo se observó una baja en el poder germinativo de la semilla mostrando un valor de 62.93%.

En la variable plántulas normales (PN) se presentó el valor más alto al inicio del almacenamiento, siendo este de 95% el porcentaje de plántulas normales descendiende a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, como en el muestreo cinco donde se presentó uno de los valores más bajo de PN debido al almacenamiento.

De acuerdo a la prueba de medias anterior la variable plántulas anormales (PA) se obtuvo el valor más bajo al inicio del almacenamiento, siendo este de 4% por lo cual el porcentaje de plántulas normales se incrementa a medida que aumentan los días de almacenamiento pero no influye mucho el muestreo debido a que en el muestreo tres se presentó el valor más alto de PA con el 30.16%.

De acuerdo a la variable semillas muertas (SM) de la prueba de medias de la fuente de variación muestreo el porcentaje de semillas muertas que se presentó durante las evaluaciones a través de los muestreos es indicativo del deterioro progresivo de la semilla, este puede acelerarse de acuerdo a las condiciones en que se encuentra almacenada la semilla, en el primer muestreo no se presentó ninguna semilla muerta y a medida que iba pasando el tipo hubo un incremento considerable de estas ya que se observó que durante el segundo muestro ya había un incremento considerable del 15.02%.

La variable semilla dura (SD) dentro de los muestreos se comportó de la siguiente manera: el muestreo que resultó ser el mejor estadísticamente fue el muestreo cuatro ya que en este periodo se observó el valor más alto que fue de

1.54%; en comparación con los muestreos uno y tres que los valores fueron de 0% en comparación con los otros muestreos.

Con respecto a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación coincide con lo reportado por Rincón (1989) y Tavera (1990), los cuales mencionan que la semilla reduce su germinación a medida que el tiempo de almacenamiento es mayor.

Cuadro 5. Comparación de medias para la interacción Temperatura por Humedad (T°\*HR).

T°C	H.R %	HS	SG	PN	PA	SM	SD
5°C	60%	13.69 de	<b>90.58 a</b>	69.58 ab	<b>21.00 a</b>	7.05 e	2.35 ab
	75%	15.71 cde	87.58 ab	74.11 a	13.41 a	11.11 de	1.41 ab
	80%	17.60 abc	83.11 ab	67.29 ab	15.94 a	16.88 de	0 b
	85%	18.34 ab	72.41abcd	59.52 abc	12.88 a	27.58 bcde	0 b
15°C	60%	10.71 f	88.06 ab	<b>77.68 a</b>	11.18 a	11.18 de	0 b
	75%	15.44 cde	88.18 ab	67.50 ab	19.93 a	12 .56 de	0 b
	80%	17.74 abc	58.62 cde	45.75 bcd	12.81 a	41.37 abc	0 b
	85%	<b>19.26 a</b>	68.31 bcd	58.50 abc	9.87 a	31.43 bcd	0.25 b
25°C	60%	8.30 f	77.43 abc	64.87 ab	12.56 a	21.81 cde	0.75 ab
	75%	13.50 e	84.06 ab	63.93 abc	18.81 a	14.12 de	<b>3.12 a</b>
	80%	16.22 bcd	39.93 e	29.06 d	10.87 a	<b>60.06 a</b>	0 b
	85%	16.18 bcd	52.31 de	36.43 cd	15.87 a	47.68 ab	0 b

T°= Temperatura

H.R= Humedad relativa

La comparación de medias que se realizó dentro de la interacción que hay entre la temperatura por humedad relativa la cual arrojo los siguientes datos; para la variable humedad de la semilla se observa que en la temperatura de 15°C con la humedad relativa 85°C fue la mejor combinación ya que se obtuvo un valor promedio de 19 .26% de humedad de la semilla de acuerdo a los seis grupos encontrados. Dentro de la variable semillas germinadas de prueba de medias realizada se encontraron cinco grupos de significancia en el cual el que

presento la media más alta fue la interacción de la temperatura a 5°C y la Humedad relativa al 60 % con un valor de 90.58% de semillas germinadas.

De acuerdo a la variable plantas normales obtenidas de la prueba de medias con la fuente de variación interacción Temperatura por humedad se encontraron cuatro grupos de significancia el cual el que presento la media más alta fue la interacción de la Temperatura 15°C con Humedad relativa 60% con un valor de 77.68% de plantas normales de acuerdo a la temperatura y humedad relativa de la semilla mencionada es la cual fue la óptima para obtener el mayor número de plántulas normales.

En base a la variable Semillas Muertas, la combinación que en promedio presento el valor más alto fue la tempera 25 °C con humedad relativa de 80% con un valor promedio de 60.06 % de acuerdo a la prueba de medias por lo cual en esta temperatura y humedad relativa se obtuvo el mayor número de semillas muertas de acuerdo a los grupos obtenidos.

De acuerdo a la variable Semillas Duras en la interacción fuentes de variación el valor más alto se obtuvo en la temperatura 25°C con humedad relativa 75% obteniendo un valor de 3.12% por lo cual ha esa temperatura y humedad relativa es en la cual se obtuvo un mayor porcentaje de semillas duras.

De acuerdo a lo resultados obtenidos anteriormente coincide con lo mencionado por Harrington (1959) que señala que la humedad es la principal causa de la pérdida de germinación en almacén, por lo que para un largo



almacenamiento sin pérdida de la germinación y vigor, la semilla debe estar seca y en frío como sea posible.

Cuadro 6: Comparación de medias para la interacción Temperatura por Muestreo (T°\*M).

T	M	HS	SG	PN	PA	SM	SD
<b>5°C</b>	1	9.37 c	<b>100 a</b>	<b>96 a</b>	4 b	0 d	0 c
	2	16.27 ab	89.37 a	86.12 a	3.25 c	10.62 d	0 c
	3	16.57 ab	70 .68 ab	42.37 bcd	28.43 a	29.37 abcd	0 c
	4	16.21ab	81.25 a	74.18 a	7.06 c	14.75 cd	<b>4 a</b>
	5	<b>18.03 a</b>	88.25 a	60.75 abc	27.43 ab	11.81 d	0 c
<b>15°C</b>	1	9.37 d	100 a	<b>96 a</b>	28.81 a	0 e	0 c
	2	14.88 abc	87.68 a	77.68 a	10 c	12.31 cd	0 c
	3	15.03 abc	77.50 ab	48.25 bcd	28.81 a	22.93 bcd	0 c
	4	16.09 ab	81 ab	75.68 a	5.31c	18.75 bcd	0.25 bc
	5	17.16 ab	57 bc	47.81 bcd	9.68 c	42.56 ab	0 c
<b>25°C</b>	1	9.37 d	100 a	<b>96 a</b>	4 b	0 e	0 c
	2	14.22 abc	77.12 ab	64.50 ab	12.62 bc	22.12 bcd	0.75 bc
	3	13.85 bc	63.25 abc	28.93 d	<b>33.25 a</b>	37.68 abc	0 c
	4	11.87 c	69.81 ab	63.62 ab	5.87 c	30.18 abcd	0.37 bc
	5	14.26 abc	43.56 c	37.25 cd	6.37 c	<b>53.68 a</b>	2.75 ab

A causa de la alta significancia de la interacción entre la temperatura por muestreo en las seis variables se realizó la prueba de medias para la separación de medias de cada una de ellas con el fin de determinar la mejor combinación de ambiente con muestreo.

En lo que se refiere a la variable Humedad de la semilla (HS), la mejor combinación fue la temperatura 5 °C con el muestreo cinco, mostrando el valor más alto de humedad de la semilla con un valor de 18.03% de acuerdo a la prueba de medias y los grupos significativos.

En lo que se refiere a la variable Semillas Germinadas (SG), la mejor combinación fue en la menor temperatura de 5°C con el muestreo cinco, mostrando un valor promedio de 100% de semillas germinadas de acuerdo a la prueba de medias de la variable.

De acuerdo a la variable Plantas Normales con respecto a la prueba de medias para la fuente de variación interacción temperatura en el primero muestreo se mostraron los valores más altos en las tres temperaturas con respecto al primer muestro con respecto a las pruebas de medias.

Con respecto a la variable plántulas anormales se observaron los valores y se seleccionó el valor más alto de acuerdo a la prueba de medias con un valor de 33.25% de plántulas anormales de acuerdo a la temperatura de 25°C en el muestro tres que fue en el que se obtuvo el mayor porcentaje de plántulas anormales de acuerdo a la fuente de variación de la interacción temperatura por muestreo de los valores obtenidos de la comparación de medias.

La variable semillas duras de la prueba de medias anterior de acuerdo a los valores obtenidos el mejor valor numérico fue el valor con 4% de semillas duras en la primera temperatura (5°C) y el muestreo cuatro q de acuerdo a la interacción de las fuentes de variación mencionadas anteriormente a esa

tempera y muestreo es en la que se encuentra una mayor presencia de semillas duras.

Cuadro 7. Comparación de medias para la interacción Humedad relativa por Muestreo (HR\*M).

HUMEDAD RELATIVA	MUESTR						
	EO	HS	SG	PN	PA	SM	SD
<b>60%</b>	<b>1</b>	9.11 f	<b>100 a</b>	<b>96 a</b>	4 c	0 e	0 ab
	<b>2</b>	11 f	92.16 a	86.50 a	5.66 c	6.83 de	0 ab
	<b>3</b>	10.20 f	78.83 a	42.58 ab	36.33 a	21.16 bcde	0 b
	<b>4</b>	11.59 f	85.33 a	79 a	6.33 c	11.33 de	3.33 ab
	<b>5</b>	11.20 f	84.33 a	72.58 a	12.75 bc	14.66 de	0 b
<b>75%</b>	<b>1</b>	9.67 f	100 a	96 a	4 c	0 e	0 b
	<b>2</b>	12.67 ef	89.25 a	82.91 a	6.33 c	10.75 de	0 b
	<b>3</b>	16.68 bcd	74.16 a	35.66 ab	<b>36.50 a</b>	27.75 bcde	0 b
	<b>4</b>	15.03	96.33	89.16	6.75 c	1.66 e	3.33

		de	a	a			ab
	<b>5</b>	15.65 cde	85.66 a	64.50 a	20.75 abc	11.16 de	<b>3.66</b> <b>a</b>
<b>80%</b>	<b>1</b>	9.15 f	100 a	96 a	4 c	0 e	0 b
	<b>2</b>	17.20 bcd	80.50 a	70.33 a	10.16 bc	19.50 cde	0 b
	<b>3</b>	15.92 cd	72.25 a	44 ab	28.33 ab	27.75 bcde	0 b
	<b>4</b>	15.56 cde	58.41 a	55.08 a	3.33c	41.58 bc	0 b
	<b>5</b>	<b>20.75 a</b>	29.66 b	17.66 b	12 bc	<b>70.33 a</b>	0 b
<b>85%</b>	<b>1</b>	9.15 f	100 a	96 a	4 c	0 e	0 b
	<b>2</b>	19.63 ab	77 a	64.66 a	12.33 bc	23 bcde	0 b
	<b>3</b>	17.80 abcd	56.66 a	37.16 ab	19.50 abc	43.33 bc	0 b
	<b>4</b>	16.71 bcd	69.33 a	61.41 a	7.91 c	30.33 bcd	0.33 ab
	<b>5</b>	18.34 abc	52.08 ab	39.66 ab	12.50 bc	47.91 ab	0 b

Con respecto a la interacción Humedad relativa por Muestreo se presentó una alta significancia de las 6 variables evaluadas, por lo tanto, se realizó la comparación de medias para determinar cuál fue el mejor.

Para la variable Humedad de la semilla (HS), el porcentaje más alto se observó en la combinación de la humedad relativa 80°C con el muestreo cinco, que tuvo un valor de 20.75% de humedad en la semilla siendo la mejor combinación para un alto porcentaje de la humedad en la semilla.

Con relación a la variable Semillas Germinadas (SM), el porcentaje más alto se observó en la combinación de la Humedad Relativa 60% con el muestreo uno , quien obtuvo un valor más alto con el 100 % de semillas germinadas por lo cual a esa humedad relativa y muestreo es el óptimo para la máxima germinación de la semilla.

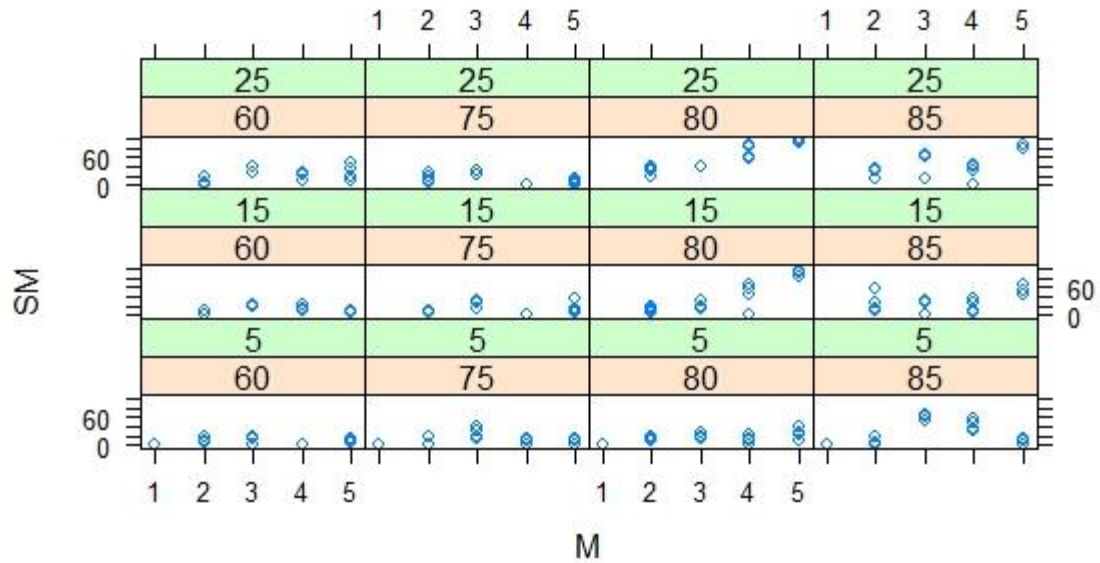
Con respecto a la variable Plántulas normales (PN), el porcentaje más alto se obtuvo en la combinación de la humedad relativa 60% con el muestreo uno, quien obtuvo el valor más alto del 96% de plántulas normales por lo cual a esa humedad relativa y muestreo es el óptimo para la máxima obtención de plántulas normales.

De acuerdo a la variable Plántulas anormales (PA), el mejor valor registrado en la combinación de la humedad relativa a 75°C con el muestreo tres por lo cual a esta temperatura se obtiene el porcentaje más alto de plántulas anormales con 36.50% de acuerdo a la comparación de medias.

En el caso de semilla muerta, la combinación que en promedio presenta el mejor valor es la Humedad relativa al 80% en combinación con el muestreo cinco con un valor de 70.33% de semilla muerta en comparación con las otras combinaciones que el porcentaje menor de acuerdo a la comparación de medias.

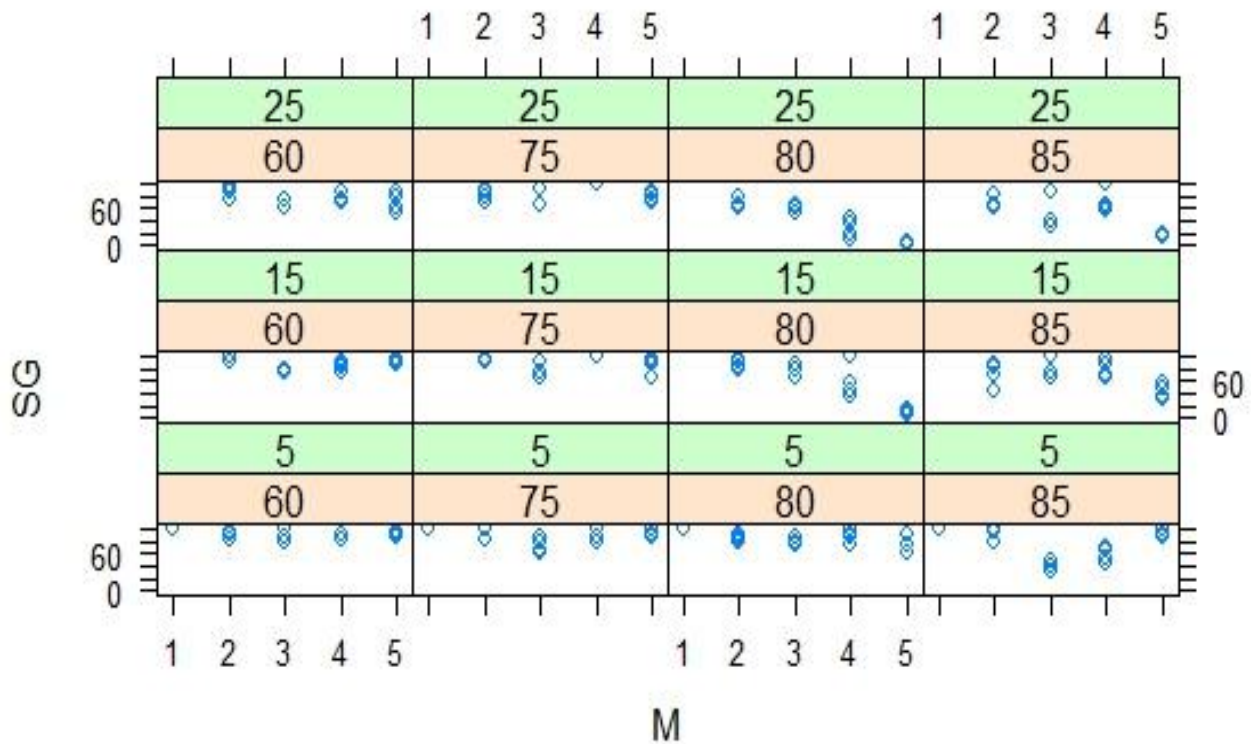
En el caso de la variable Semillas Duras (SD), de acuerdo a la comparación de medias se presentó el valor más alto con 3.66% de semillas duras en la combinación de la Humedad Relativa (HR) con el muestreo cinco de acuerdo a la comparación de medias de la fuente de variación interacción Humedad relativa por Muestreo.

Figura 1. Triple interacción de la variable Semillas Muertas (SM).



De acuerdo a la figura 1 para La interacción obtenida de la variable SM con respecto a cada muestreo se observa que a mayor temperatura y muestro después del almacenamiento aumenta considerablemente el número de semillas muertas.

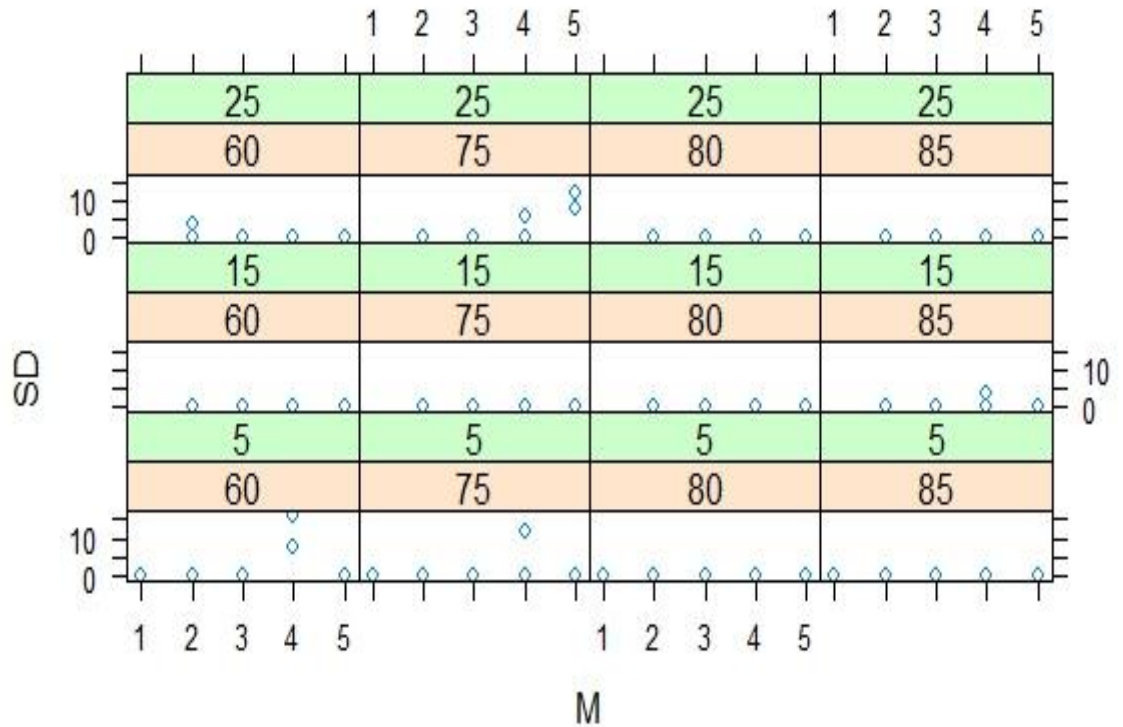
Figura 2. Triple interacción de la variable Semillas Germinadas (SG).



Con respecto a la Figura 2 por la interacción SG con respecto a los muestreos se observó que a menor temperatura y al realizar el primer muestre se obtuvo el valor más alto de semillas germinadas, por lo cual como aumenta la temperatura y se incrementa el número del muestro sucede lo contrario.

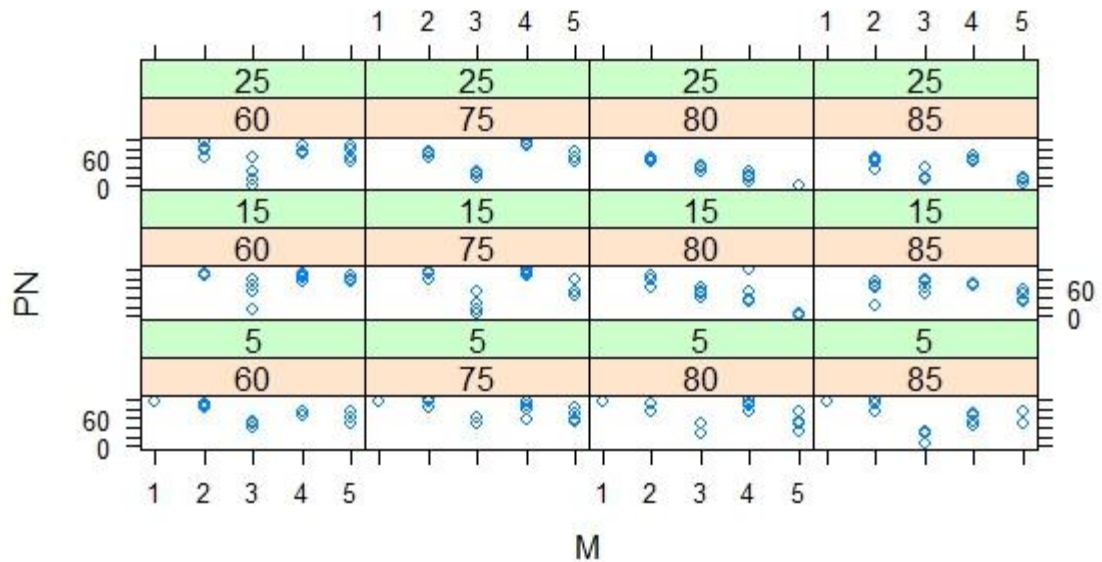


Figura 3: Triple interacción de la variable Semillas Duras (SD).



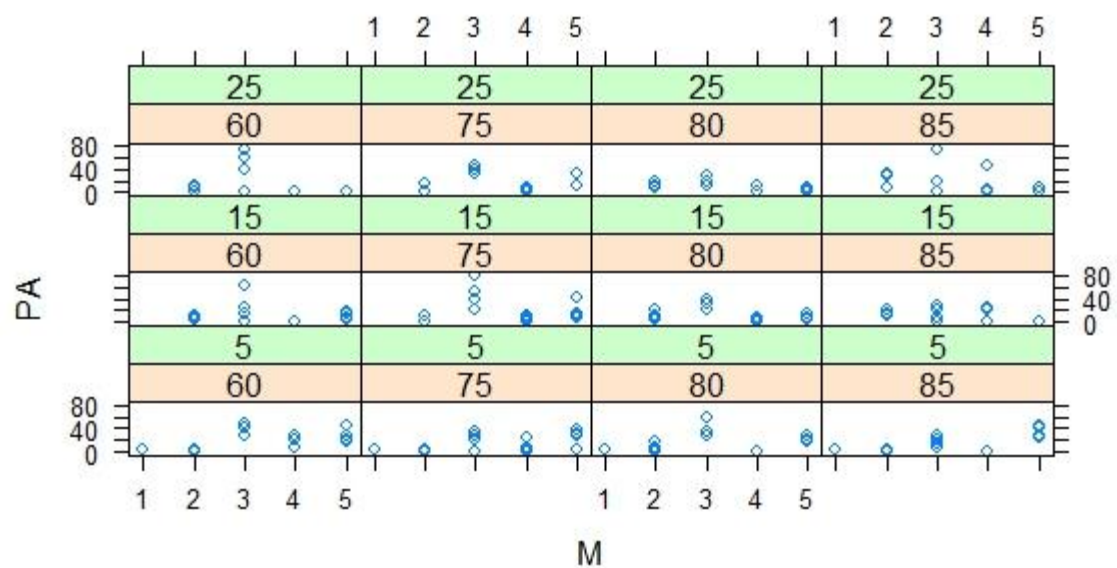
Con respecto a la Figura 3 para la interacción SD y los muestreos realizados determinadamente de acuerdo a la gráfica se observa que como aumenta el tiempo al momento de realizar el muestreo, se incrementa el número de semillas duras significativamente de acuerdo a los valores obtenidos de semillas duras.

Figura 4: Triple interacción de la variable Plántulas Normales (PN).



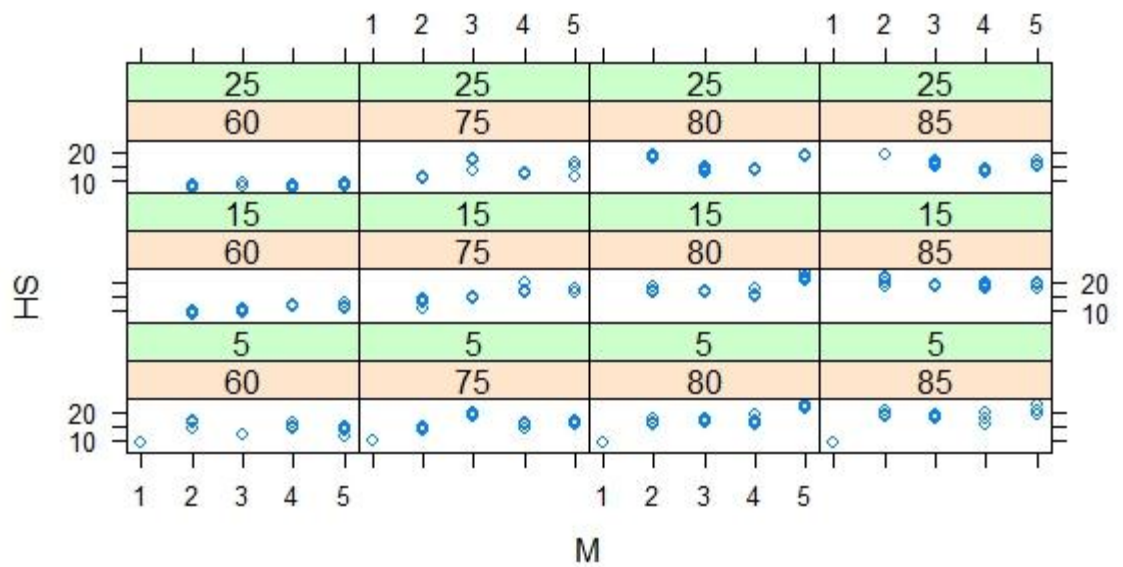
De acuerdo a la Figura 4 para la interacción de la variable PN de acuerdo al muestreo realizado se obtuvo la gráfica anterior que demuestra el tiempo de almacenamiento al momento de realizar cada muestreo aumentando la temperatura reduciendo el número de plántulas normales de manera significativa y por lo que los valores obtenidos demuestran que a temperaturas bajas en los primeros muestreos se obtienen los valores más altos de plántulas normales.

Figura 5: Triple interacción de la variable Plántulas Anormales (PA).



De acuerdo a la Figura 5 obtenida anteriormente de la variable PA se demuestra que el muestreo realizado con respecto a las fuentes de variación se obtiene el mayor número de plántulas anormales en el muestreo tres de acuerdo a las fuentes de variación utilizadas a bajas temperaturas.

Figura 6: Triple interacción para la variable Humedad de la Semilla (HS).



De acuerdo a la Figura 6 para la interacción de la variable HS con respecto a los muestreos se dice que conforme aumenta el tiempo de almacenamiento y la humedad relativa el porcentaje de humedad de la semilla incrementa representativamente.

## CONCLUSIONES

En base a los análisis e interpretación de los resultados se concluye lo siguiente.

Se acepta la hipótesis planteada, ya que a partir de los resultados obtenido se confirma que a temperatura y humedades relativas bajas, la longevidad fue mejor y se preservó la calidad fisiológica de la semilla de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.).

De tal manera una temperatura baja de 5°C fue la óptima para el porcentaje más alto de semillas germinadas y como va aumentando el periodo de almacenamiento se va perdiendo viabilidad de la semilla de lechuguilla.



## LITERATURA CITADA

- Bautista L., P., y M. Martínez C. 2012. Aprovechamiento, rendimiento en fibra y regeneración del cogollo de *Agave lechuguilla* Torr. En el Altiplano Mexicano. Tesis de Licenciatura. Chapingo. Edo de México. 159 p.
- Berlanga R., C. A., L. A. González L., y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Folletos Técnico No. 1 SARH-INIFAP-CIRNE. Campo Experimental. "La Sauceda", Saltillo, Coahuila. 22 p.
- Berlanga R., C. A. 1991. Producción y recuperación de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en poblaciones naturales. In: III Simposio Nacional Sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. INIFAP. Saltillo, Coah. México. 78 p.
- BRIONES, O. 1994. Origen de los desiertos mexicanos. *Ciencia*45: 263–279
- Castillo Q., D. 2008 Manejo intensivo de plantaciones de agave lechuguilla para el incremento de fibra en el noreste de México. IN: Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables. SEMARNAT. México. Pp:4-5.
- Castillo Q., D., O. Mares A. y E. E. Villavicencio G. 2011. Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) planta suculenta de importancia económica y social de las zonas áridas y semiáridas de México Boletín de la Sociedad de Cactáceas y Suculentas. 23 p.
- Cruz C., J. A. y J.G. Medina T., 1988. La Lechuguilla *Agave lechuguilla*. DIF Coahuila.

- Delouche, J. C. (1976). Germinación, Deterioro y Vigor de semillas. Seed News, Mississippi State University.
- Eguiarte L, E. y V. Souza. 2007. Historia Natural del Agave y sus parientes: Evolución y Ecología. Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología UNAM. 12-14 P.
- Ellis, R. H. 1991. The longevity of seeds. HortScience. 26 (9): 1119-1125.
- Fibras Saltillo. 2005. Fibras Saltillo <http://www.fibrassaltillo.com> (28 de junio de 2005).
- Flores M.S. 1986. Estudio citogenético de Agave crassispina Trel. y Agave lechuguilla Torr. en el municipio de Pinos, Zacatecas y en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí, México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, UNAM. Los Reyes Iztacala, Méx. 124 p.
- Garcia M. A. y Galvan V. R. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 27:7-24.
- Gentry H. S. 1982. Agaves of continental North America. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. ASA. 670 p.
- Harrington, J. F. 1973. Problems of seed storage. In Heydecker. W. Seed ecology. Butterworth and Co. Ltd. England. pp 251- 263.
- \_\_\_\_\_ 1959, Dry storage and packaging seed to maintain germination and vigor, Proc. Miss short. Course for seedmen p.89-107 USA.
- \_\_\_\_\_ 1972. Seed Biology. Vol. III Academic Press. New York. USA. P 145-246.
- \_\_\_\_\_ 1973. Problems of seed storage. In Heydecker. W. Seed ecology. Butterworth and Co. Ltd. England. Pp 251. 263.
- \_\_\_\_\_ Toole, E. H. 1950. Relation of seed processing and of conditions during storage on seed germination. Proceedings of association of the international seed testing association. 16 :214-227.
- Lawrence Long Limited. 2004. Tampico fiber (Mexican fiber) <http://freespace.virgin.net/paul.long3/tampico.html>. (25 de julio de 2005).
- Marroquín S., J., G. Borja L., R. Velásquez C. y J. A. de la Cruz. C. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del Norte de México. Publicación Especial Núm. 2. 2ª Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México, D. F., México. 166 p.



- Mayorga H, E., D Rössel K., Ortiz L., A. R. Quero C., y A Amante O. 2004. Análisis comparativo en la calidad de fibra de Agave lechuguilla torr., procesada manual y mecánicamente. *Ensayo. Agrociencia* 38:(2)219-225.
- 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. Saltillo, Coahuila, México.
- Millar, C.I. 1993. Conservation of germplasm in Forest trees. In: Clonal Forestry II. Conservation and Application. Arauja, M.R. and Libby, W.J. (eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Pp. 42-65.
- Narcia V., M., D. Castillo Q., J. A. Vázquez R., y C. A. Berlanga R. 2012. Nota de investigación turno técnico de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el noroeste de México. *Revista Mexicana Ciencias Forestales*. 3(9):81-88.
- Nobel P.S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Trillas. México. D.F. 211 p.
- Nobel, S, P and E. Quero 1986. Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert Cam plant, *Agave lechuguilla*. Department of Biology and Laboratory of Biomedical and Environmental Sciences. University of California. Los Angeles, CA. USA. 11 p.
- Padilla, V.G.2004. Pruebas de germinación en semillas de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) utilizando extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Pazaran. G, J. L. 2003. Arquitectura y Proceso de Carga y descarga de Agave Lechuguilla TORR (lechuguilla) Bajo Condiciones Naturales. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Reyes A, J. A., J. R. Aguirre R., & C. B. Peña V. 2000. Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. *Bol. Soc. Bot. México* 67:75-88.
- Rincon S. F. 1989. Deterioro de semilla de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mexico.

- SAGARPA, 2017. Ficha Técnica. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Dirección General de apollo para el desarrollo Rural. Disponible en la pag. <http://somossemillas.org/wp-content/uploads/2017/06/Almacenamiento-de-semillas.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. Fichas de información comercial de productos forestales. Comisión Nacional Forestal y Fondos Mixtos para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal. México, D.F. México. 13 p.
- Sheldon, S. 1980. Ethnobotany of Agave lecheguilla and Yucca carnerosana in Mexico's. Zona Ixtlera. Economic Botany, 34(4) pp 376-390.
- Tavera D. e. 1990. Efecto del captan-metoxicloro y quintozeno-pirimirifos metil sobre la calidad de la semilla de maíz, almacenada en condiciones naturales. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah.Mexico.
- Vazquez, B.M.E. 2012. Manual de tecnología de semillas II. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.Pp.65-73.
- Zamora- Martínez, M. C., E. Velasco B., D. Castillo., Q., y Arellano R. 2007. Manual que establece los criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semiárido. SEMARNAT-INIFAP-CIRNE. 38-44 p.