

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Incidencia de Hongos en Semilla Almacenada de Sotol

(*Dasytirion cedrosanum* Trel.)

Por:

EDGAR BENÍTEZ NERI

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Incidencia de Hongos en Semilla Almacenada de Sotol

(*Dasyliirion cedrosanum* Trel.)

Por:

EDGAR BENÍTEZ NERI

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobado por el Comité de Asesoría:



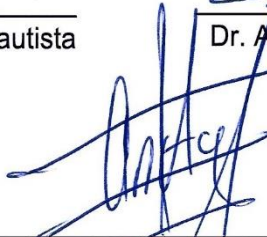
Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Asesor Principal



M.P. Adriana Antonio Bautista
Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2020

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme llegar a esta parte de mi vida, quien me dio la fe, salud y esperanza, para vencer todos a aquellos obstáculos que se presentaron en el día a día y guiarme por el camino correcto.

A Mis Padres

Sra. Gloria Neri Sánchez

Sr. Artemio Benítez Tepexpa

A quienes les agradezco profundamente por enseñarme lo que es el luchar para alcanzar las metas que uno se propone en la vida y el dar todo por mí, para cumplir mis sueños, por su gran ejemplo de cómo ser mejor persona, humildad, respeto, sencillez y honradez, por confiar en mí a pesar de estar lejos de ustedes y el estar apoyándome en mis decisiones, por sus consejos en esos momentos difíciles. Gracias por sus sacrificios y el apoyo incondicional.

A Mis Hermanos, Tanía Marilú Benítez Neri, Artemio Benítez Neri, Fabiola Neri Neri. Por su apoyo, motivación, cariño y compañía, desde niño hasta el día de hoy y todos esos momentos que hemos vividos juntos.

A Mis Abuelos, Manuel Neri Méndez (†), Félix Sánchez Cabrera (†). Por permitirme verlos con vida y demostrarme que fueron unas excelentes personas que siempre vivirán en mi corazón y en mis pensamientos, hasta el último día de mi existencia. Gracias por todo hasta donde estén se les quiere.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Gracias por abrirme las puertas y haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera profesional y darme todos sus servicios como estudiante y el crecer como persona.

A la Secretaria de Medio Ambiente

Por su apoyo en la obtención del material biológico, utilizado en esta investigación ya que sin ellas no se hubiera podido realizar este trabajo de tesis.

A la Dra. Elizabeth Galindo Cepeda

Por su apoyo en el asesoramiento y revisión de este trabajo realizado (tesis) y en mi formación académica, dándome las herramientas necesarias para enfrentar los retos de la vida profesional y sobre todo por hacer realidad mi meta de ser Ingeniero.

A la M.P. Adriana Antonio Bautista

Por su gran apoyo, amistad, confianza, comprensión, esfuerzo y paciencia para la elaboración de esta investigación (tesis) que para mí es importante, por todos sus consejos, regaños y conocimientos brindados y sobre todo por su gran corazón, para ayudar a los demás sin perder la humildad y el respeto.

Al Dr. Antonio Flores Naveda

Por ser un gran maestro y formarme como profesionista compartiendo sus experiencias y conocimientos, por brindarme las herramientas necesarias para enfrentar los retos de la vida profesional, sobre todo por esa gran amistad que me brindo, por su valiosa participación en el presente trabajo de investigación.

A Karla Cristal Ramírez Castañeda. Por todo su apoyo y comprensión, por estar siempre ahí para mí, por todos esos momentos que pasamos juntos sean malos o buenos, sobre todo por todo ese cariño que me demostraste durante este tiempo.

A Todos mis Compañeros de la generación CXXVIII. Gracias por su amistad y el apoyo durante estos cuatro años y medio que hemos estado juntos en la universidad.

INDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
INDICE DE CUADROS.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
Objetivo General.....	11
Objetivo Especifico	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
Origen y Antecedentes Históricos.....	12
Clasificación Taxonómica	13
Descripción Botánica	14
Fenología.....	14
Características de la Semilla	14
Distribución	15
Importancia Ecológica	15
Importancia Económica	16
Aprovechamiento del Sotol como Bebida Alcohólica.....	17
Reproducción del Sotol.....	18
Calidad de la Semilla	18
Almacenamiento de la Semilla.....	20
Preceptos de Almacenamiento.....	22
Importancia de Hongos Durante el Almacenamiento.....	23
Principales Hongos de Almacén.....	25
Importancia de las Micotoxinas.....	28

III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
Ubicación del Experimento	29
Material Biológico Utilizado.....	29
Tiempo y Condiciones de Almacenamiento.....	29
Preparación de medio de cultivo.....	31
Parámetros de Evaluación.....	31
Contenido de humedad	31
Identificación e Incidencia de Hongos	31
Diseño Experimental.....	32
Modelo Lineal	33
Análisis Estadístico.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Incidencia por Ambiente	35
Incidencia por muestreos.....	36
Incidencia en Muestreo.....	37
Incidencia en el almacenamiento a cero días.....	37
Incidencia a los 15 días de almacenamiento	38
Incidencia a los 30 días de almacenamiento	39
Incidencia a los 60 días de almacenamiento.....	40
Incidencia a los 90 días de Almacenamiento.....	41
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. Literatura Citada	44

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Pag.
Cuadro 1. Temperaturas mínimas, óptimas, máximas y humedades relativas mínimas para el desarrollo de hongos de almacenamiento.	255
Cuadro 2. Características de los hongos de almacén	277
Cuadro 3. Condiciones de temperatura y humedad relativa que conformaban los 12 ambientes (Tratamientos)	30
Cuadro 4. Cuadrados Medios del análisis de varianza en los parámetros evaluados en semillas almacenadas de sotol	344

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pag.
Figura 1. Comparación de medias por Tukey en 12 ambientes de almacenamiento para incidencia de hongos..	355
Figura 2. Comparación de medias por Tukey en 90 días de almacenamiento para incidencia de hongos..	366
Figura 3. Incidencia inicial (0 días) de hongos en semillas de sotol (<i>D. cedrosanum</i>) en 12 ambientes.....	377
Figura 4. Incidencia de hongos en semillas almacenadas de sotol (<i>D. cedrosanum</i>) a 15 días de almacenamiento en 12 ambientes.....	388
Figura 5. Incidencia de hongos en semillas almacenadas de sotol (<i>D. cedrosanum</i>) a 30 días de almacenamiento en 12 ambientes.....	399
Figura 6. Incidencias de hongos en semillas almacenadas de sotol (<i>D. cedrosanum</i>) a 60 días de almacenamiento en 12 ambientes.....	40
Figura 7. Incidencias de hongos en semillas almacenadas de sotol (<i>D. cedrosanum</i>) a 90 días de almacenamiento en 12 ambientes.....	41

RESUMEN

El sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel.) es una planta de las zonas áridas y semiáridas de México, se distribuye de manera natural en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, actualmente ha crecido el interés en la elaboración de una bebida denominada sotol.

El objetivo de esta investigación fue conocer la incidencia de hongos en la semilla de sotol a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa, sobre la sanidad. El trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Almacenamiento de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La semilla para el experimento fue recolectada en el año 2016 en el Ejido Buñuelos del Municipio de Saltillo, Coahuila. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial y dos 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 e incidencia de hongos.

Los resultados obtenidos de los parámetros antes mencionados, mostraron que, a mayor humedad, temperatura y tiempo de almacenamiento, la incidencia de hongos tiende a ser mayor en la semilla de sotol evaluada.

Palabras clave: Sotol, Humedad Relativa, Temperatura, Almacén, Hongos.

I. INTRODUCCIÓN

El sotol (*Dasyliirion cedrosanum* Trel.) es una especie silvestre y nativa de México. Esta planta se puede encontrar en diversas regiones de clima árido y semiárido, formando parte del matorral de zona seca. La vegetación más prominente en el estado de Coahuila, es un matorral desértico, en regiones cuya precipitación media anual oscila entre los 150 y 400 mm. Esta formación vegetal incluye el matorral de *D. cedrosanum*, comunidad poco conocida que cubre más de la cuarta parte del estado de Coahuila y cuya especie característica es sometida a una explotación intensiva en sus comunidades nativas para distintos fines.

En los últimos años el sotol se le ha dado una gran importancia para la elaboración de una bebida alcohólica llamada de igual manera "sotol", lo que ha originado un desorden en el aprovechamiento, provocando una disminución considerable de sus poblaciones. Las semillas forestales, son consideradas la fuente de germoplasma más importante para la producción masiva de plantas. Sin embargo, las poblaciones silvestres, no mantienen una producción anual constante de semillas, por lo que se hace necesario disponer de esta cantidad y calidad necesaria, para los años en los que no se tenga producción (Barbosa, 2005).

Para realizar un adecuado almacenamiento de las semillas se necesita minimizar principalmente la pérdida de viabilidad, los factores que influyen durante el proceso de almacenamiento son el contenido de humedad de las semillas, la humedad relativa del ambiente y la temperatura, así como los factores bióticos que se presentan como pueden ser la incidencia de hongos e insectos plaga.

Los hongos juegan un papel muy importante durante el almacenamiento, ya que infestan la semilla durante este proceso, causando diversos daños como son reducción del porcentaje de germinación, decoloración de la cubierta de la semilla, calentamiento, diversos cambios bioquímicos, pérdida de peso y producción de micotoxinas, las cuales, al ser ingeridas pueden ser dañinas para los animales y humanos que las consumen.

Sin embargo, la carencia de información sobre las condiciones ambientales que favorecen la presencia de hongos en semillas almacenadas de *D. cedrosanum*, permitió realizar el presente trabajo de investigación con el objetivo de obtener información necesaria, para disminuir la presencia de hongos, por lo anterior se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar la incidencia de hongos presentes en semillas de sotol *D. cedrosanum* almacenadas en 12 ambientes.

Objetivo Especifico

- Evaluar la incidencia de hongos de almacén y de campo, presentes en la semilla de sotol *D. cedrosanum* después del almacenamiento.
- Identificar los géneros de hongos presentes en la semilla de sotol *D. cedrosanum* en diferentes ambientes de almacenamiento.

Hipótesis

Las condiciones ambientales de almacenamiento de semillas de sotol *D. cedrosanum*, favorecen la incidencia de hongos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y Antecedentes Históricos

El sotol forma parte integral de la historia humana del norte de México y sur de los Estados Unidos (Valdés *et al.*, 2012). Estudios paleontológicos basados en registro de DNA, indican que esta planta era un componente importante de la dieta de los pobladores nómadas, y se sabe que consumían su tallo, después de cocinarlo sobre rocas calientes dentro de un pozo (Reyes *et al.*, 2012).

Existen vestigios que el sotol ha sido fabricado en dicho estado desde hace más de 800 años por los pobladores del Paquimé, después de las diferentes tribus de indígenas y apaches, siguiéndolos los españoles quienes implantaron métodos de destilación más eficaces y desde entonces a la fecha por los pobladores de dicho territorio, han rodeado este producto de historias, mitos y leyendas (IMPI, 2002).

Dasyliirion cedrosanum es una planta nativa de las tierras semiáridas del Norte de México que se extiende al suroeste de Estados Unidos, en territorios del sur y oeste de Texas, del sur al centro de Nuevo México y en el sur de Arizona (SEMARNAT, 2001).

En México las plantas de sotol se pueden encontrar en la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental, principalmente en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Asimismo, se distribuye en una menor proporción en los estados de Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí (Llifle, 2005).

La planta de sotol formó una parte importante de los recursos para el sostenimiento de la vida humana en la prehistoria y la historia de árido américa (Valdés, 2011). Los nativos cocinaban la parte central del tallo, conocida como piñas, la utilizaban como un alimento similar al que se obtiene del maguey. En cuanto las hojas elaboraban sombreros, canastas y sandalias. Además, se preparaban una harina que la usaban para elaborar panecillos o tortas, también usaban esta planta para destilarla y obtener la bebida alcohólica (SEMARNAT, 2001). Existe evidencia que el sotol fue una fuente rica en carbohidratos, ya que, junto con agave y cebolla, proporcionaron en su momento más del 60% de calorías a los nativos de la región Texana (Leach *et al.*, 2010).

Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica del sotol es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Sub-clase: *Liliidea*

Orden: *Asparagales*

Familia: *Asparagaceae*

Género: *Dasyilirion*

Especie: *cedrosanum* Trel.

(Juárez, 2011)

Descripción Botánica

El sotol *Dasyliirion cedrosanum* es una planta de tamaño medio a robusto con un tallo principal y en ocasiones dos a tres tallos secundarios, hojas regulares y extendidas, glaucas de color gris pálido a verde pálido, de 80 a 100 cm de largo, y de 2 a 3.5 cm de ancho, ascendiendo rectamente y de flexionando con la edad, plano encima, rotundamente quillado abajo, márgenes finamente denticulados, los dientes regularmente curvados hacia la punta de 3 a 4 mm de largo, amarillo pálido a rojizo (Catillos *et al.*, 2005).

Fenología

Las hojas permanecen verdes a través de todo el año. Su floración se presenta después de la humedad invernal. Inicia madurez, desde septiembre a octubre, la espiga retiene las semillas, hasta 4 meses para después ser dispersadas por el viento o bien la espiga, tiende a caer y dispersar las semillas en el suelo (Alicia *et al.*, 2002).

Características de la Semilla

La semilla del sotol es de tipo esferoide con tres caras o lóbulos, más aguzada en la parte inferior que en la superior. Las semillas de todas las especies son de color café claro a café oscuro, con superficie más o menos rugosa; presentan un ancho de 2 a 3 mm y son ligeramente más largas que anchas. El embrión es cilíndrico y recto, se localiza en el eje central de la semilla y está rodeado por una delgada capa de endospermo. La cubierta o testa de la semilla es delgada y aparentemente resistente a las condiciones de sequía, lo que posiblemente le permite permanecer

viable por años, aunque esto no se ha verificado. La semilla está cubierta por una delgada capa transparente de tres alas o brácteas que ayudan a su dispersión, por lo que también se le llama diáspora (Sierra *et al.*, 2008).

Distribución

El sotol es una especie propia del matorral espinoso, tipo de vegetación característico del área biogeográfica conocida como el Desierto Chihuahuense, en donde puede formar masas puras o integrarse al matorral. Se distribuye de manera importante dentro de la zona fisiográfica del Altiplano Mexicano en un intervalo altitudinal que varía de 1 000 a 2 000 msnm, entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, cubre amplias extensiones de esta última. Dicho Altiplano es compartido en su mayor parte por los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. (López, 2005) ocupando una superficie potencial en el área 6, 509,324.00 ha. Esta especie tiene un gradiente de distribución amplio desde las 17 zonas áridas y semiáridas, hasta pequeñas poblaciones en pastizales y bosques templados. (Salvador *et al.*, 2015).

Importancia Ecológica

El sotol es un importante componente ecológico del Desierto, ya que contribuye al mantenimiento del suelo y es alimento de parte de su fauna, en particular roedores y aves (Reyes *et al.*, 2012). Los productos forestales no maderables como el sotol son recursos muy valiosos porque, que cubren necesidades primarias, tienen una función en el bosque como proveedores de otros bienes, tales como: servicios

ambientales, protección del suelo, mantenimiento de la biodiversidad animal y vegetal (Ríos *et al.*, 2018).

Importancia Económica

Una de las especies de gran importancia en el norte de México, por su uso para la elaboración de una bebida alcohólica de importancia económica e histórica de la región Noreste de México es la planta del género *Dasyllirion* (Rivas, 2016).

El Sotol tiene todo un potencial para poder comercializarlo y exportarlo, principalmente en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Por la cercanía de los estados que abarcan la denominación de origen con la frontera al norte de México (Fregoso, 2019).

El sotol ha tenido mucha importancia económica por sus usos, desde los primeros pobladores en el desierto hasta nuestros días. Sin embargo, el propósito de uso, no ha cambiado mucho, esto ha sido lo mismo como alimento tanto humano como para el ganado, ya que es una planta con la que existe una alta relación con la vida de las comunidades del desierto (López y Portes, 2002).

Los campesinos que habitan en las zonas áridas, han desarrollado la capacidad de obtener productos de las plantas que consiste obtener la materia prima para la elaboración de la bebida alcohólica de sotol, siendo un ingreso económico, importante y, en muchos de los casos, la única actividad, ya que la agricultura de temporal, sólo les permite obtener cosechas para autoconsumo por lo errático y escaso de las lluvias (Coello, 2003).

Dentro de los usos más comunes se encuentra la elaboración de bebidas alcohólicas y como alimento forrajero, ya que las cabezas, o sea las porciones centrales de las plantas, junto con las bases de las hojas, sirven de buen alimento para el ganado en la época seca, por otro lado, también suelen usarse a escala doméstica en tejidos de petates, sombreros, canastas, sopladores de fuego y muchos otros objetos (Cano y Martínez, 2007).

Aprovechamiento del Sotol como Bebida Alcohólica

La más importante de esta planta consiste en la elaboración de la bebida alcohólica conocida como sotol. Se recolecta durante todo el año; sin embargo, las plantas tienen mejores cualidades para su industrialización en el otoño. Para su selección varía entre 1.5 y 2 m, pero se prefiere aquellos que en conjunto ofrezcan cierta uniformidad. Las cabezas de sotol o piñas para la obtención de mezcal se seleccionan por su peso, que debe ser de entre 10 y 12 kg, superiores a 30 kg; su extracción se realiza mediante corte con machete. Actualmente, en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, ha crecido el interés en la elaboración de una bebida con denominación de origen (Zamora *et al.*, 2005).

Para que una planta de sotol pueda ser aprovechada para la producción alcohólica, es aproximadamente un periodo de tiempo de 10 años, en dicho tiempo se logra un peso de aproximadamente entre 20 - 40kg por piña (Martínez, 2020).

El precio que se paga a los recolectores, varía según la región, pero es de \$ 5.00 por piña y se estima que se extrae un promedio de 20 a 35 piñas o cabezas por día en un recorrido que abarca de 4 a 5 km, obtienen a razón de 600 ejemplares por

mes. Para producir un litro de sotol se requieren tres piñas o cabezas, de 12 a 15 días; se cuecen aproximadamente 300 piezas para conseguir 150 L. Por cada sesión o quemada, en dos semanas. Al mes se obtienen 3,000 L y por lo tanto, al año 36, 000 L. Alrededor del 40 % corresponde al sotol de punta o de primera, el resto a la segunda y tercera categorías (Zamora *et al.*, 2005).

Reproducción del Sotol

Las plantas son dioicas, es decir tienen sexos separados, el macho tienen racimos largos y rizados de flores que produce el polen para fertilizar a las plantas hembra que llevan miles de flores productoras de semillas; de igual forma que los magueyes y el quiote, todos los sotoles desarrollan un escapo (SEIS14, 2018).

El sotol puede reproducirse en forma sexual, mediante polinización cruzada (alógama) principalmente por medio del viento. El método natural es por semilla, al hacer explosión las capsulas y esparcir las semillas alrededor de la planta, la producción de semillas en la planta no es la misma, año tras año y el porcentaje de germinación es muy bajo, ya que logran germinar un promedio de 10 plantas pequeñas por cada planta madre (Ortega y Villavicencio, citado por Calderón, 2004).

Calidad de la Semilla

La calidad en la semilla se ha definido como el conjunto de características deseables, que comprende distintos atributos, referidos a la conveniencia o aptitud de la semilla para siembra (Intagri, 2016). La calidad puede atribuirse en función de la capacidad para germinar y producir una planta normal y determinada por un complejo de condiciones, que son el producto de las interacciones más favorables

entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio en el cual las semillas se producen, cosechan, procesan y almacenan. Así, las semillas almacenadas requieren de ciertas condiciones, que de no estar presentes pueden hacer perder la viabilidad y disminuir la germinación de la semilla cosechada. Es conocido que los factores que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida del vigor y viabilidad total o parcial son: la temperatura, humedad, presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores (Doria, 2010).

Al evaluar la calidad de las semillas se consideran la mayor parte de atributos deseables, distribuidos en cuatro componentes de calidad según Terenti (2004).

Calidad genética

Es aquella que está atribuida a la constitución genética de las semillas. Con semillas genéticamente puras, se asegura la estabilidad del genotipo y su continuidad a través del tiempo, evitando la degeneración de los cultivares, para así preservar sus características originales (Farrás, 2018).

Calidad física

Es la proporción de semilla pura en un lote, una vez identificados los contaminantes como materia inerte, malezas y semillas de otros cultivos. El componente de las semillas puras, aunado a la capacidad de germinación, determina el valor para la siembra (FAO, 2019).

Calidad fisiológica

Es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas, este atributo comprende al porcentaje de germinación y vigor de la semilla (Tolentino *et al.*, 2017).

Calidad sanitaria

Diversos patógenos como hongos, virus y bacterias son transmitidas a través de la semilla y son causante de enfermedades importantes en los cultivos, por lo que las semillas pueden ser el medio de difusión de las mismas, como fuente de inóculo primario. Es importante utilizar semilla original y sana, las cuales puedan estar libres de cualquier patógeno (Peralta *et al.*, 2009).

Almacenamiento de la Semilla

Se puede definir el almacenamiento como la conservación de semillas viables, desde el momento de la recolección, hasta que se necesitan para la siembra. (William *et al.*, 1991).

La semilla es la forma más práctica y eficiente para recolectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por corresponder a un estado compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta (Oliva *et al.*, 2014).

Las razones por las cuales se deben almacenar las semillas son múltiples: las más simples son las de preservarlas por un corto período, desde su cosecha hasta la próxima siembra, y hay otras de orden técnico, como es el caso de los materiales de alto valor genético o el de las semillas que presentan latencia y se desee que

esta, no se rompa naturalmente durante el almacenamiento mientras que otra razón puede ser de orden económico, como cuando existe la saturación en el mercado con algún tipo de semilla específico y se quiere esperar el momento oportuno para su venta o simplemente alguna razón legal o sanitaria que impida su comercialización inmediata y se deba esperar el próximo ciclo de siembra. Almacenamiento es mantener las semillas viables en buena condición física y fisiológica, desde su cosecha hasta la próxima siembra, para lograr una germinación satisfactoria y una aceptable emergencia. (Doria, 2010).

Un almacenamiento adecuado se puede lograr de dos maneras:

1. Ubicándolo en un área geográfica donde las condiciones climáticas sean favorables, con lo cual solo bastaría secar las semillas y llevar su contenido de humedad a un nivel de equilibrio con el ambiente que la rodea y luego empacarlas para evitar cualquier tipo de contaminación o absorción de humedad.

2. Controlando los factores ambientales que las rodean (Simbiotik ,2016).

Los métodos de almacenamiento más utilizados según ASERCA (2018), son los siguientes:

- Almacenamiento en sacos de yute, henequén, fibras locales y sintéticas. Su manejo es fácil y permite el almacenaje en la casa del agricultor, su rotura ocasiona pérdidas y facilita la infestación por plagas.
- Almacenamiento a granel es una práctica común, este método es mecanizable y la manipulación de granos y semillas es rápida, la posibilidad de ataque por roedores aumenta y hay poca protección contra la infestación.

- Almacenamiento hermético consiste en almacenar en recipientes que evitan la entrada de aire y humedad al producto, es de larga duración y evita el deterioro y la presencia de plagas.

Preceptos de Almacenamiento

Los preceptos de almacenamiento según Harrington (1972) de la Universidad de Mississippi, experto en la conservación de semillas, describió que se deben tomar en cuenta para un almacenamiento adecuado, los siguientes aspectos:

1. La calidad del grano, no se mejora con el almacenamiento, esto significa que lo que almacenamos bien, solamente estamos prolongando la manifestación del deterioro de los granos, al proveerle condiciones adecuadas en su entorno. Si, las condiciones que rodean al grano, no son adecuadas, la presencia del deterioro será rápido.
2. La humedad relativa y la temperatura, son los dos factores ambientales de mayor importancia en la conservación, si estos son altos el deterioro se manifestará rápidamente. Sin embargo, si estos son bajos, se prolonga la calidad de la semilla.
3. El contenido de humedad del grano está en función directa de la humedad relativa y temperatura ambiental, esto es debido a la capacidad higroscópica del grano, al tener la capacidad de ceder o ganar humedad de acuerdo a las condiciones ambientales que se presenten.
4. El contenido de humedad es más importante que la temperatura del grano, ya que la humedad es muy significativa en el metabolismo propio del grano, porque en niveles del 15% en el caso de los cereales, se activan los

metabolismos de los carbohidratos, lípidos y proteínas, reduciendo su capacidad nutricional.

5. Por cada uno por ciento que reduzcamos el contenido de humedad del grano, duplicamos el tiempo de almacenamiento, esto es válido hasta el rango del 14% de contenido de humedad.
6. Cada 10 °F (5.556 °C) que reduzcamos la temperatura de almacenamiento, duplicamos el tiempo de almacenamiento, esto es válido hasta el rango de 45 °C.
7. Las mejores condiciones para realizar un almacenamiento y conservación de granos es un lugar fresco y seco.
8. La longevidad de los granos es característico de las especies.

Importancia de los Hongos, Durante el Almacenamiento

La sanidad de las semillas es un atributo de gran valor que debe tenerse también en cuenta al momento del almacenar las semillas. Una gran proporción de patógenos pueden ser transportados a través de la semilla y sobreviven en ella, por largos periodos de tiempo (Cárdenas, 2018).

Los principales factores importantes para el desarrollo de los hongos en granos almacenados en bodegas son la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento, así como el tiempo en que el grano va a estar almacenado antes de que sean utilizados en la alimentación (Mercado *et al.*, 2020).

Algunos hongos que se desarrollan en los granos tienen la capacidad de producir sustancias químicas que son tóxicas para el ser humano y para los animales. Estos

venenos químicos reciben el nombre de micotoxinas. Un grupo específico de micotoxinas, son las aflatoxinas, las cuales se han considerado de gran peligro para los seres humanos y animales. La aflatoxina es producida por los hongos del género *Aspergillus* cuyas esporas se encuentran muy diseminadas en la naturaleza. Cantidades muy pequeñas de aflotoxinas, pueden causar graves enfermedades y a veces, hasta la muerte (Marques, 1993).

Los hongos que infectan las semillas son clasificados en hongos de campo y hongos de almacén según Cárdenas (2018):

Hongos de campo: Estos invaden la semilla antes de la cosecha. Se desarrollan a humedades relativas mayores de 90%, equivalente a una humedad del grano del 22-23% o mayor. Estos normalmente no continúan creciendo durante el almacenamiento, debido a que el contenido de humedad del grano esta debajo de sus requisitos.

Hongos de almacén: Los hongos de almacén infestan la semilla o el grano durante el almacenamiento. Éstos hongos para desarrollarse necesitan humedades relativas en un rango de 70-90% y temperaturas e 25 - 35 °C. El factor más importante en su desarrollo es la humedad interna del grano, la cual debe estar arriba del 14%. Una diferencia de 1%, puede determinar que una especie sea la predominante y la velocidad del principio del daño en el grano ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperaturas mínimas, óptimas, máximas y humedades relativas mínimas para el desarrollo de hongos de almacenamiento (Christensen, 1972-citado por Cárdenas, 2018).

Hongos	T°C Mín.	T°C Opt.	T°C Max.	H.R.%
<i>Aspergillus restrictum</i>	5-10	30-35	40-45	70
<i>Aspergillus glaucos</i>	0-5	30-35	40-45	73
<i>Aspergillus candidus</i>	10-15	45-50	50-55	80
<i>Aspergillus flavus</i>	10-15	40-45	45-50	85
<i>Penicillium</i>	-5 – 0	20-25	35-40	85

Principales Hongos de Almacén

Los hongos de almacén infestan la semilla o el grano, durante el almacenamiento. No dañan el grano, antes de la cosecha, con la excepción de *Aspergillus flavus* que ha sido reportado en mazorcas de maíz en el campo. Los principales géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, comúnmente se encuentran en los granos de almacén a diferencia de los hongos de campo y su principal característica es que tienen la habilidad para invadir los granos con contenidos de humedad relativamente bajas. (Mercado *et al.*, 2020).

Las principales características de estos hongos son morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, según Proain (2019) las cuales se presentan a continuación:

1. Grupo *Aspergillus restrictus*. Las especies de este grupo requieren alta presión osmótica para crecer, y humedad relativa entre 70 y 75 %; su crecimiento es muy lento y requiere contenidos de humedad de 14.0- 14.5% en cereales y de 8.5-9.0% en cacahuete y copra, causa decoloración, apelmazamiento y afecta la germinación.

2. Grupo *Aspergillus glaucus*. Las especies de este grupo son osmóticas, requieren una humedad relativa de 75% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 14.5-15.0%, en cacahuete y copra de 9.0 a 9.5%, reduce el poder germinativo, decolora el embrión y causa apelmazamiento.

3. Grupo *Aspergillus candidus* Link. Requiere humedades relativas del 80% y crece en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuete y copra de 9.0-9.5%.

4. Grupo *Aspergillus ochraceus*. Este grupo requieren humedades relativas de 80% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuete y copra de 9.0-9.5%.

5. Grupo *Aspergillus flavus*. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80-85%, en cereales con contenidos de humedad de 16.5-18.0%, en cacahuete y copra de 10-10.5%.

6. Las especies del género *Penicillium*. Requieren para su desarrollo humedades relativas altas de 85-90%; en cereales, el contenido de humedad para su desarrollo es de 16.5-20.0% y en cacahuete y copra de 10-15%.

En el cuadro (2) se muestran las principales características de los hongos de almacenamiento.

Cuadro 2. Características de hongos de almacén, según (Vázquez, 2011).

Hongos	C.H. mínima	Daño	Toxicidad	Otros
<i>Asperguillus restrictus</i>	14.0-14.5% 8.5-9.0%	Decolora apelmazamiento	No se conoce	En MSA (6-15%Na Cl)
<i>Asperguillus glaucus</i>	14.5-15.0% 9.0-9.5%	Mata, decolora, embrión, y apelmazamiento	No se conoce	Muy común en almacén
<i>Asperguillus candidus</i>	15.5-16.0% 9.0-9.5%	Mata, decolora, embrión, y calentamiento	No se conoce	Enmohecimiento Severo
<i>Asperguillus ochraceus</i>	15.5-16.0% 9.0-9.5%	Mata, decolora, embrión.	Ochratoxinas	Enmohecimiento Severo
<i>Asperguillus flavus</i>	16.5-20.0% 10.0-10.5%	Mata, decolora, embrión, y calentamiento	Aflatoxinas	Enmohecimiento Severo
<i>Penicillum</i>	16.5-20.0% 10.0-15.0%	Mata, decolora, embrión, y apelmazamiento	Ochrotoxina patulina, citrinina	Enmohecimiento 2 a 5°C

Importancia de las Micotoxinas

Las micotoxinas son compuestos tóxicos producidos de forma natural por algunos tipos de mohos. Los mohos productores de micotoxinas crecen en numerosos alimentos, tales como cereales, frutas desecadas, frutos secos y especias. (OMS, 2018).

Las micotoxinas constituyen uno de los peligros sanitarios que pueden afectar a los cereales y sus productos derivados, motivo por el cual, fueron uno de los primeros contaminantes (Afhse, 2015). Las micotoxinas se pueden encontrar en todo el mundo como contaminantes naturales en numerosos productos básicos de origen vegetal, especialmente en cereales, pero también en nueces y otras semillas oleaginosas, frutos secos, cocoa, café, vino, cerveza, hierbas y especias y en productos derivados de los animales por consumo de alimento contaminado con micotoxinas, como carne, huevo, leche y derivados de la leche (Mercado *et al.*, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento.

Material Biológico Utilizado

Se utilizaron semillas colectadas en el año 2016 en el Ejido Buñuelos del Municipio de Saltillo, Coahuila, México.

Tiempo y Condiciones de Almacenamiento

La semilla de sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), se almacenaron 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 utilizaron una solución sobre saturada de glucosa, para 75% cloruro de sodio (NaCl), para 80 % sulfato de amonio (NH₄)₂S₀₄ y para 85% cloruro de potasio (Wiston y Bates, 1960). Las 240 unidades experimentales, fueron colocadas en mallas de tela perforada y está a su vez, se distribuyeron al azar en la cámara de plástico que conformaban cada uno de los ambientes del almacén, además estas se llenaron con cinta adhesiva, para que las soluciones actuaran correctamente. Los muestreos fueron evaluados, cada 0, 15, 30, 60 y 90 días con 2 repeticiones.

Cuadro 3. Condiciones de temperatura y humedad relativa que conformaban los 12 ambientes (Tratamientos).

Ambiente	Temperatura	Humedad Relativa (%)
1	5°C	60
2	5°C	75
3	5°C	80
4	5°C	85
5	15°C	60
6	15°C	75
7	15°C	80
8	15°C	85
9	25°C	60
10	25°C	75
11	25°C	80
12	25°C	85

Preparación de Medio de Cultivo

Para la preparación de un litro de medio MSA se utilizaron 20 g de malta, 20 g de Agar y 60 g de NaCl, para las cajas petri que se utilizaron se requirió de 400 ml de medio de cultivo de MSA, para lo cual se agregó a 400 ml de agua, 8 g de malta, 8 g de agar y 24 g de NaCl.

Parámetros de Evaluación

Contenido de Humedad

Esta variable se realizó en base a las reglas de la ISTA (2004), en donde se determinó el contenido de humedad de las semillas de la siguiente manera. Se tomaron cuatro repeticiones de 30 semillas, estas se pusieron en cajas de aluminio con tapa previamente pesada. Enseguida se pesaron las cajas con las semillas y estas fueron puestas en la estufa a 103°C por 17-+ por 17 h. Transcurridos el tiempo de secado las cajas se retiraron de la estufa, se pusieron en el desecador aproximadamente 15 minutos para que esta se enfriara y no absorbiera humedad, por último, las muestras se pesaron.

Identificación e Incidencia de Hongos

Se llevó a cabo mediante la siembra en medio de cultivo Malta sal agar (MSA), se sembraron 2 repeticiones de 10 semillas en caja Petri. A los 8 días de realizar la siembra sobre el medio de MSA, con semillas que presentaban daño por patógenos.

Para la identificación de hongos se utilizaron gráficas descriptivas. Los géneros de hongos se identificaron por la morfología de las colonias con ayuda de claves

taxonómicas (Moreno, 1988) y la observación de las estructuras somáticas y reproductivas con el estereoscopio y microscopio compuesto. Los datos obtenidos se reportaron en porcentaje de géneros identificados aplicando la siguiente fórmula (Abdullah & Aa-Mosawi, 2010):

$$I \% = \frac{\text{Cantidad de semillas en las que apareció el hongo}}{\text{Número total de semillas}} * 100$$

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado, fue un completamente al azar con arreglo factorial de dos Factores.

Donde:

Factor A = Ambiente.

Factor B= Muestreo (Tiempo).

Asimismo, se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de significancia al 95% como la siguiente fórmula:

$$w = q \times \sqrt{\frac{CME}{\gamma}}$$

Donde:

Q=Valor de Tukey

$$\sqrt{\frac{CME}{\gamma}} = \text{Error estandar de la media}$$

Modelo Lineal

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

Donde:

μ = Efecto de la media

T_i = Efecto del ambiente

H_j = Efecto del muestreo (tiempo)

TH_{ij} = Interacción de los factores ambiente y tiempo

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

Análisis Estadístico

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro (4) se puede observar que para las fuentes de variación Ambiente (Amb), tiempo (M) y la interacción de éstas M*Amb, para la variable incidencia resultaron altamente significativas.

Lo anterior, nos indica que las condiciones de almacenamiento y el tiempo influyeron en la incidencia de patógenos presentes en las semillas evaluadas.

Cuadro 4: Cuadrados Medios del análisis de varianza en los parámetros evaluados en semillas almacenadas de sotol (*D. cedrosanum*).

FV	GI	Ind
Amb	11	2099.00**
M	4	5647.10**
Amb * M	44	582.50 **
Error	60	54.20

** Significativo a niveles de probabilidad de ≤ 0.01 , F.V= Fuentes de variación, GL = Grados de libertad, Amb = Ambiente, M =Tiempo de almacenamiento, Ind = Incidencia de hongos.

Incidencia por Ambiente

En la figura (1), se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias, en donde se observa el comportamiento de la incidencia de patógenos de acuerdo a los ambientes y se puede observar que se tiene mayor incidencia en el ambiente 11 y 12, teniendo un valor porcentual de 46.0% y 36.0%. Por otro lado, tenemos la incidencia más bajas ya que están presente en ambientes 7 con 1.0% en seguida tenemos el ambiente 2 prestando una incidencia del 4.0% y el ambiente cuatro con 5.0%, mientras que estos ambientes 1 y 3 presentaron los mismos parámetros de incidencia con 8.0%, pero no fueron los únicos, asimismo el ambiente 5 y 8 presentaron igual incidencia 12.0%, siguiendo con la secuencia de incidencia en el ambiente 10 se tiene una incidencia del 10.0% y por último, se tiene los ambientes 6 y 9, los cuales presentaron una incidencia del 22.0% y 33.0%.

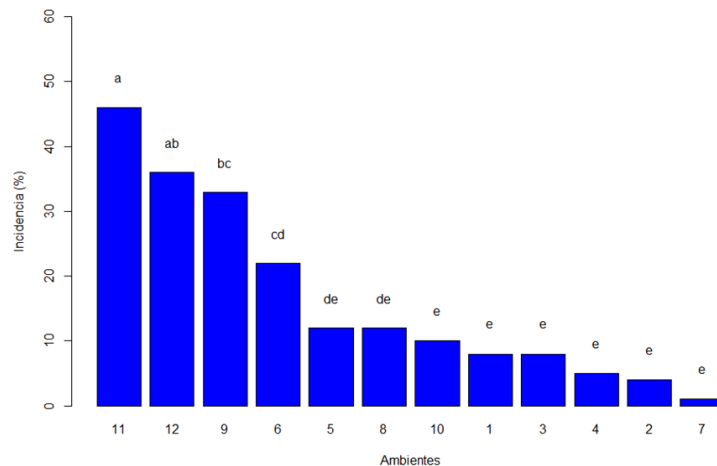


Figura 1. Comparación de los medias de Tukey ($p > 0.05$) en 12 ambientes de almacenamiento, para incidencia de hongos de la semilla de sotol.

Medias con la misma letra, no son significativamente diferentes.

Incidencia por Muestreos

En la siguiente figura 2, se muestra la diferencia de incidencia en el muestreo, ya que en el primer muestreo, no se tiene incidencia presente el segundo muestreo que es a los 15 días se tiene una estimación de incidencia del 7.0% en seguida se tiene el muestro a los 30 días, el cual presenta 9.5% de incidencia, siguiendo con la secuencia de muestreo a los 60 días la diferencia de incidencia es mayor a los anteriores, ya que presento una incidencia del 30.8% y por último, en el muestreó a los 90 días se tiene una incidencia del 34.5% siendo la más alta incidencia en los muestreos evaluados.

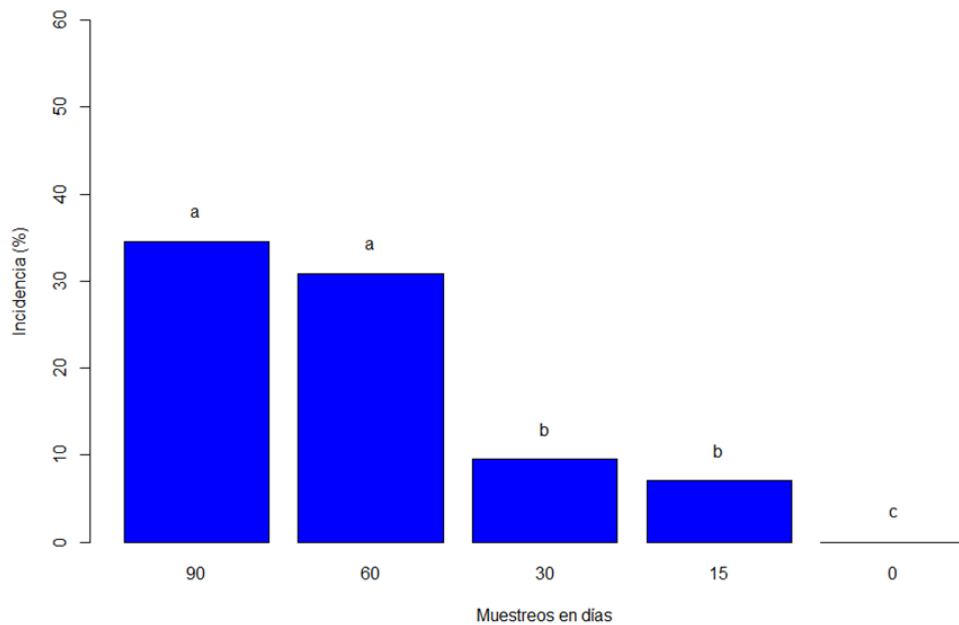


Figura 2. Comparación de medias de Tukey ($p > 0.05$) en 90 días de almacenamiento para incidencia de hongos de la semilla de sotol.

Medias con la misma letra, no son significativamente diferentes.

Incidencia en Muestreo

Incidencia en el Almacenamiento a cero días

Como se puede observar en la figura 3. El muestreo inicial, no se tiene presente ningún tipo de hongo.

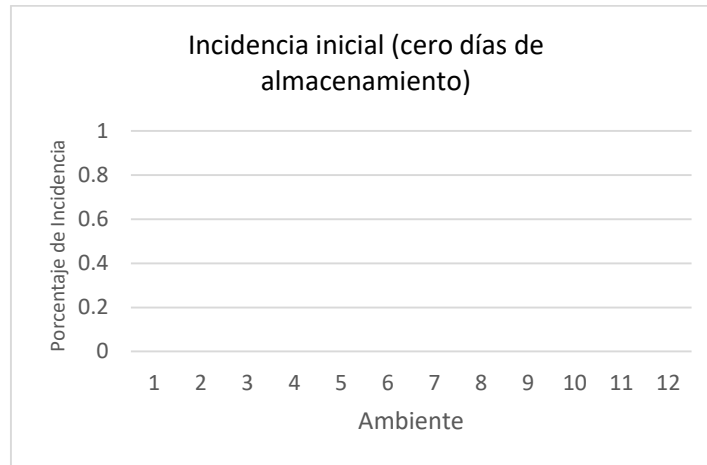


Figura 3. Incidencia inicial (0 días) de hongos en semillas de sotol (*D. cedrosanum*) en 12 ambientes.

Incidencia a los 15 días de Almacenamiento

Para esta este muestreo se presentó *Aspergillus glaucus* con un 35 % y 5% de incidencia en el ambiente 11 y 12 (figura 4) con una humedad del 80-85 % y una temperatura a 25°C , en seguida tenemos *Aspergillus niger* con el 10% de incidencia en el ambiente 3 con una humedad del 80% y una temperatura del 5°C mientras que en Bacterias se presentaron con el 5% de incidencia en el ambiente 1,5 y 9 con una humedad del 60% y una temperatura 5,15 y 25°C por otro lado tenemos a *Fusarium spp.* Con un 5% de incidencia en el ambiente 6 y una humedad del 75% y temperatura 15°C y por último tenemos *penicillium* de igual manera con un 5% de incidencia en el ambiente 11 con una humedad 80% y una temperatura 25°C.

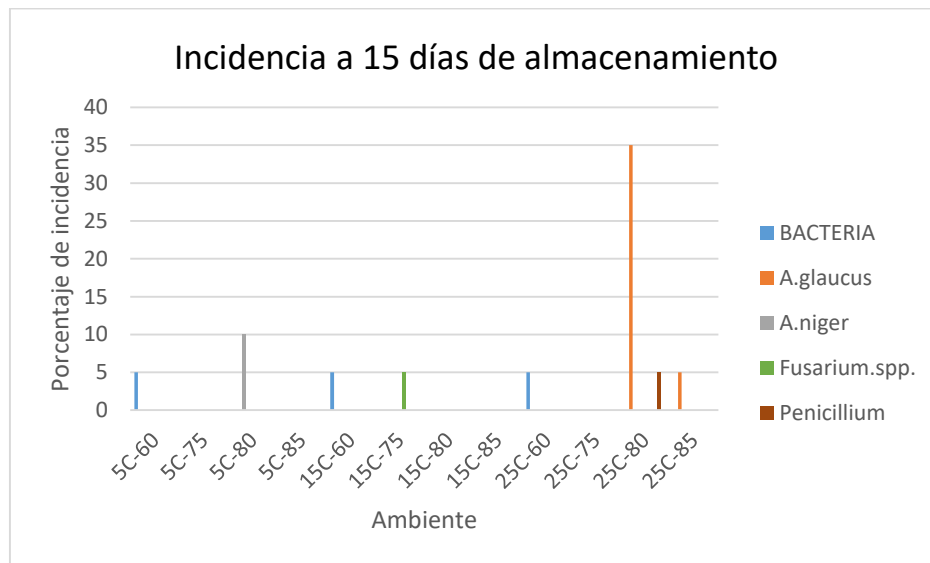


Figura 4. Incidencia de hongos en semillas almacenadas de sotol (*D. cedrosanum*) a 15 días de almacenamiento en 12 ambientes.

Incendencia a los 30 días de Almacenamiento

Dentro de este muestreo se tuvo la presencia de *Aspergillus glaucus* con una mayor incidencia (figura 5) en ambientes 11 con una incidencia 20% y el ambiente 12 con una incidencia del 50% y una temperatura 25°C en ambas solo en la humedad se tiene de 80-85% en seguida tenemos *Penecillum* con un 15% de incidencia en el ambiente 4 y una humedad 85% con una temperatura de 5°C, mientras que a *Aspergillus niger* se presentó en el ambiente 1 y 10 con una incidencia del 10%, 5% y temperatura del 5°C, 25°C la humedad fue de 60%,75% por ultimo tenemos bacteria en el muestreo 1 con un 5% de incidencia con 60% humedad y 5°C.

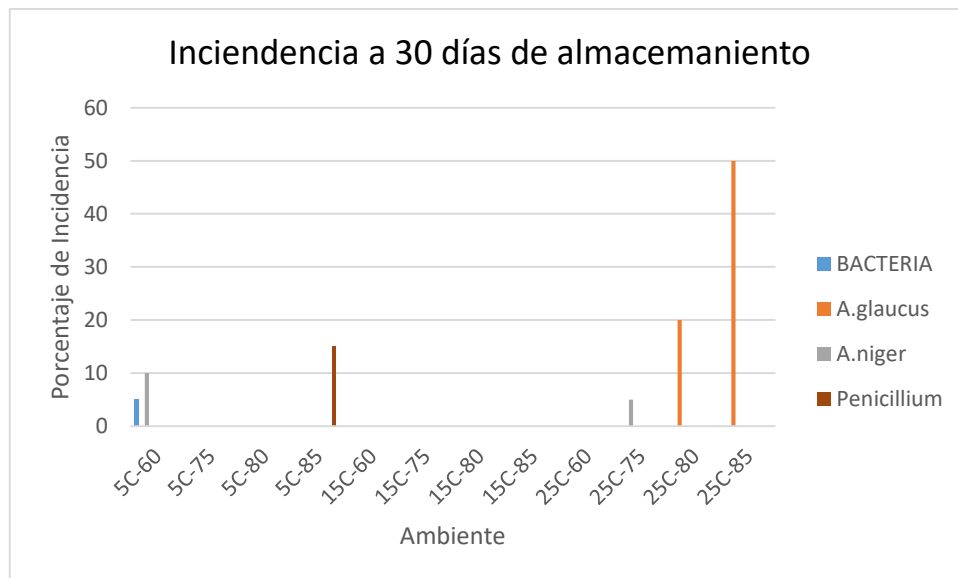


Figura 5. Incidencia de hongos en semillas almacenadas de sotol (*D. cedrosanum*) a 30 días de almacenamiento en 12 ambientes.

Incidenca a los 60 días de Almacenamiento

En el cuarto muestreo fue a los 60 días se tiene una mayor presencia de *Aspergillus glaucus* en siete ambientes (figura 6), donde las humedades relativas y las temperaturas fueron altas, las cuales oscilaron con una incidencia más alta del 75% en el ambiente 9 en seguida tenemos el ambiente 11 con una incidencia del 55%, el ambiente 6, presentó una incidencia del 50%, ambiente 8,12 coinciden en el misma incidencia del 40% de igual manera los ambientes 3 y 5 comparten el mismo contenido de incidencia con el 30% mientras que el más bajo con un 5% de incidencia fue en el ambiente 4 las humedades en la cual se presentaron fueron variadas las cuales se tienen 60,75,80,85% y temperaturas 5,15,25°C en seguida tenemos a *Penicillium* con un 10,5% de incidencia en los ambientes 5 y 9 con una humedad de 60% en ambos y una temperatura 5,25°C por último tenemos *Aspergillus candidus*, *Cladosporium*, *Alternaria* con un 5% de incidencia y *Fusarium* con un 4% de incidencia.



Figura 6. Incidenca de hongos en semillas almacenadas de sotol (*D. cedrosanum*) a 60 días de almacenamiento en 12 ambientes.

Incidencia a los 90 días de Almacenamiento

En el último muestreo (figura .7) siguió presente *Aspergillus glaucus* con una incidencia más alta del 85% en el ambiente 9 seguido por los ambientes 11,12 con una igualdad de incidencia del 75% el otro ambiente siguiente es el 6 con un 55% de incidencia seguido por el ambiente 10 con 35% de incidencia y el 25% de incidencia por el ambiente 5 y los últimos valores de incidencia son el 15 % en el ambiente 8 y 1 ambiente con un 5% todos estos presentes en todas las humedades y temperaturas establecidas. Otro hongo que se presento fue *Aspergillus chraceus* con un 20% de incidencia en el ambiente 11 con una humedad 80% y una temperatura 25°C mientras que *Penicillium* se presentó en menor cantidad de incidencia con un 5% estuvo presente en 3 ambientes los cuales fueron 4,6 y 9 por ultimo tenemos *Fusarium.spp.* Con una incidencia del 5% en los ambientes 3 y 9.

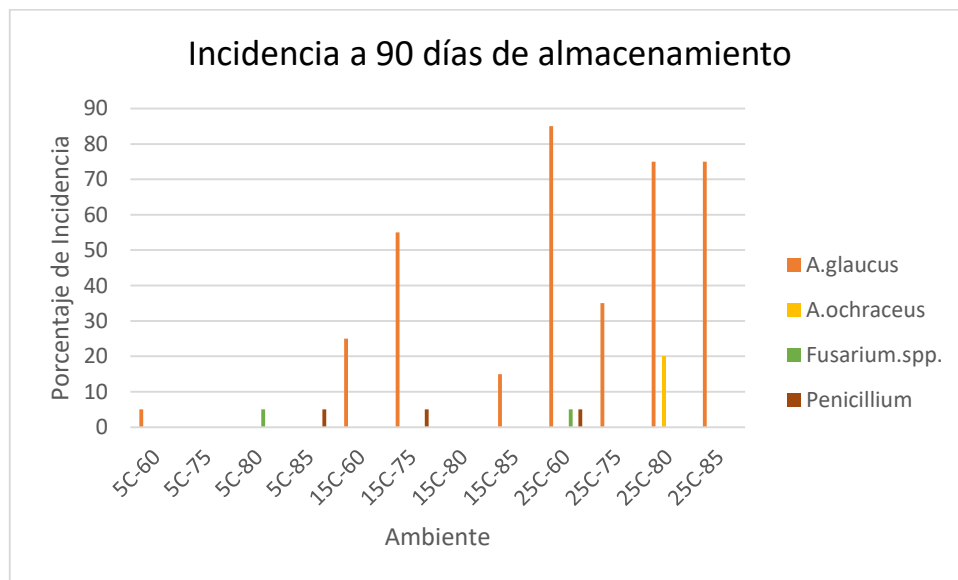


Figura 7. Incidencia de hongos en semillas almacenadas de sotol (*D. cedrosanum*) a 90 días de almacenamiento en 12 ambientes.

Blancas (2007), encontró que la relación de la humedad relativa y la humedad de la semilla con el crecimiento de hongos es muy clara, asimismo los hongos del género *Aspergillus* son los contaminantes más comunes en semillas almacenadas, ya que éstos se adaptan mejor a condiciones ambientales en los que generalmente se almacenan las semillas, esto coincide con lo encontrado en ésta investigación al observar la presencia del género *Aspergillus* a partir de los 15 días de almacenamiento.

Un trabajo realizado por Alonso *et al* (1996), observó que los patógenos del género *Cladosporium spp* y *Fusarium spp* manifestaron sus mayores porcentajes de infección en los meses de mayor temperatura y humedad relativa en el año de almacenamiento, esto coincide con los resultados del presente trabajo de investigación al observar una mayor incidencia en ambientes con temperaturas y humedades relativas altas.

Campo *et al* (2014), evaluaron las semillas almacenadas de *Cedrela odorata*, *Cariniana pyriformis*, *Jacaranda copaia*, *Bombacopsis quinata*, *Anacardium excelsum*, y *Schizolobium parahybum*, en donde identificaron los géneros de mayor frecuencia, los cuales fueron muy similares a lo encontrado en éste estudio con *Aspergillus*, *Penicillium*, y *Cladosporium*. En un rango de temperaturas entre los 25 y 28°C, y un periodo de almacenamiento de un año.

V. CONCLUSIONES

Las condiciones de alta humedad relativa y temperatura, favorecen la presencia de hongos causantes del deterioro.

Los hongos con mayor presencia en la semilla de sotol *D. cedrosannum*, fueron *Aspergillus glaucus*, *Penicillium spp.*, *Fusarium. spp.*

Los ambientes seguros de almacenamiento para las semillas de sotol *D. cedrosannum* son en promedio de 5°C de temperatura y una humedad relativa de 60-75 %.

La semilla de sotol *D. cedrosannum*, tolera condiciones de 15°C y una humedad relativa de 60-75 %.

VI. Literatura Citada

- AFHSE .2015. Recomendaciones para la prevención, el control y la vigilancia de las micotoxinas en las fábricas de harinas y sémolas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente Secretaría General Técnica. [En línea]. <https://publicacionesoficiales.boe.es>.
- Alicia, M. C., Rafael, F. R., & Mario, R. M. 2002. Manual de plantas importantes en la apicultura.pag.21.
- Alonso, O., Delgado, A., & Sánchez, S. 1996. Hongos asociados a las semillas de una leguminosa tropical (*Leucaena leucocephala* cv. Perú). Pastos y Forrajes, 19(2)
- ASERCA .2018. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Obtenido de: <https://www.gob.mx/aserca/es/articulos/almacenamiento-y-conservacion-de-granos-y-semillas?idiom=es>
- Barbosa, L.A.L. 2005. El sotol en Coahuila, potencialidades y limitaciones. Bebidas y regiones: historia e impacto de la cultura etílica en México, pag. 63.
- Blancas, M. B. 2007. Manejo de granos en almacenamiento, causas de deterioro y prevención.
- Calderón, G. E. R. 2004. Rompimiento de Latencia en Semillas de Sotol (*Dasyilirion cedrosanum Trel.*) Mediante Escarificación Física y Química. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.pag.8.

- Campo, Arana, R., Ezquivel, urango, N., & Espitia, Camacho, M. 2014. Hongos asociados a la semilla de seis forestales nativos, cultivados en el departamento de Córdoba. *Fitopat. Col*, 38(2).pag. 27-31.
- Cano, P.A., & Martínez, B.U. O. 2007. Determinación de áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones de sotol (*Dasyilirion cedrosanum trel.*) en el estado de Coahuila.pag.11.
- Cárdenas, G. E. 2018. Importancia de la patología de semillas en el almacenamiento de granos.
- Castillo, Zarate, Martínez, Berlanga, & Cano. 2005. Análisis dimensional y tablas de reproducción de sotol (*Dasyilirion cedrosanum trel*) para el estado de Coahuila.pag.3-4.
- Coello, C. J. 2003. Oportunidades comerciales del sotol (*Dasyilirion spp.*) como alternativa a la producción campesina del Estado de Coahuila. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico.Pag.40-41.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1).
- FAO. 2019. Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma.pag.5-8.
- Farrás, T. 2018. Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Plan Agropecuario*.pag.64.

Fregoso, J. 2019. Mezcal, sotol y Xtabentún, cómo son las nuevas bebidas mexicanas que compiten con el tequila. Obtenido de infobae:<https://www.infobae.com/america/americalatina/2016/12/10/mezcal-sotol-y-xtabentun-las-nuevas-bebidas-mexicanas-que-buscan-desbancar-al-tequila/>

Harrington, J. F. 1972. Biología de semillas. Vol. III. Prensa académica. Nueva York. Estados Unidos. Pag.145-246.

IMPI. 2002. Declaración de Protección a la Denominación de origen sotol. México: Certificado de Denominación de Origen del Sotol. Diario Oficial de la Federación el, vol. 8.

INTAGRI, 2016. La Calidad de la Semilla en Cultivos Hortícolas. Obtenido de intagri: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-calidad-de-la-semilla-en-cultivos-horticolos>

Juárez, D. A. 2011. Estudio de las Variaciones de Longitud y Ancho de Fibras de los Escapos de "sotol" (*Dasyilirion cedrosanum trel.*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pag.8.

Leach J.D. y Sobolik K.D. 2010. Alta ingesta dietética de fructanos pro bióticos de tipo insulina del desierto prehistórico de Chihuahua. Revista de Nutrición.

Llifle. 2020. Origen y hábitat: *Dasyilirion cedrosanum*. Obtenido de Llifle: http://www.llifle.com/Encyclopedia/SUCCULENTS/Family/Agavaceae/11201/Dasyilirion_cedrosanum.

- López, B. L. A. 2005. El sotol en Coahuila, potenciales y limitaciones en: Bebidas y regiones. Historia e impacto de la cultura etílica en México. Contreras D.C. y Ortega, I. Ed. Plaza y Valdés, CoEd. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Autónoma de Yucatán: Consejo para la Cultura y la Artes de Nuevo León. México. Pag.173.
- López, B. L. A. y V. L. Portes.2002. El Sotol, una planta muy especial. Manual del productor. Impresa en Print-Power, S.A. de C.V. México, D.F. 1a Edición.pag.34.
- Marques P. A.L.R. 1993. Manual de manejo pos cosecha de granos a nivel rural. Capítulo iv. Almacenamiento de granos en propiedades rurales.
- Martínez. E. 2020. Esto es México en Berlin.Sotol: un regalo del desierto Mexicano. Obtenido de Mayahuel: <https://www.mayahuel.de/Espanyol/Degustacion-de-Tequila/Sotol-Un-regalo-del-desierto-Mexicano/>
- Mercados, A. d., & Precios, A. C. 2020. Almacenamiento en México. Claridades Agropecuarias.pag.3-15.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tuco, A. 2014. Manual de recolección de semillas de especies forestales nativas: Experiencia en Molino pampa, Amazonas Perú. Chachapoyas, .pag.7-8.
- OMS .2018 .Micotoxinas frecuentes en los alimentos y por qué son preocupantes. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

- Peralta, I., Murillo, I., & Mazón, N. 2009. Producción y distribución de semilla de buena calidad de fréjol arbustivo con pequeños agricultores, a través de un sistema no convencional (Artesanal).pag.57.
- Proain. 2019. Principales Hongos Perjudiciales en Granos Almacenados. Obtenido de proain: <https://proain.com/18-principales-hongos-perjudiciales-en-granos-almacenados/>
- Reyes, Benavides, Ramírez, & Villarreal. 2012. Biología e importancia del sotol (*Dasyilirion spp*). Parte II: Ecofisiología, usos e interrogantes. Planta.pag.17-18.
- Ríos, López, Méndez, Ramírez, & Aguirre. 2018. Propiedades físicas y mecánicas de escapos florales de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) en el sureste de Coahuila. Agraria, pag.80.
- Rivas, M. E. N. 2016. Determinante Hormonal en la Diferenciación Sexual de *Dasyilirion cedrosanum* Trel. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, N.L.pag.6.
- Salvador, M. M., Rojas, D. E. H., Mojica, A. S., & Guerrero, J. A. 2015 .Potencial Productivo y Zonificación para el Uso y Manejo de Especies Forestales de Zonas Áridas.pag.16-17.
- SEIS14.2018.Difererencia mezcal , tequila y sotol:¿Qué es el sotol?. Obtenido de Wsimg:https://img1.wsimg.com/blobby/go/f2b2959b-b0b0-4713-b0c4697f8969a525/downloads/1cm8fqhsr_927808.pdf?ver=1570475358731

- SERMARNAT. 2001. Sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.). Obtenido de: Semarnat. gov. mx / pfnm3/ fichas / dasylirion cedrosanum. Htm.
- Sierra, Royo, Morales, Mendoza, Carillo, & Lara. 2008. Los sotoles *Dasyliron spp* de Chihuahua. Folleto técnico.pag.8.
- Simbiotik .2016. Almacenamiento de Semillas: Estrategia básica para la seguridad alimentaria. Obtenido de:<http://www.simbiotik.com/almacenamiento-de-semillas-estrategia-basica-para-la-seguridad-alimentaria/>
- Terenti, O. 2004. Calidad de Semilla, qué Implica y cómo Evaluarla. Sitio argentino de Producción Animal.pag.1-2.
- Tolentino G. Muñoz, A. & Parres, R. 2017. La Semilla. Boletín Técnico. Gerencia Regional de Agricultura sub Gerencia de Competitividad Agraria, Perú. pag. 4-9. <http://www.agrolalibertad.gob.pe>
- Valdés, R., Mendoza, B., Rodríguez, R., & Quintanilla, V. 2012. Biología e Importancia del Sotol (*Dasylirion spp*). Parte I: sistemática, genética y reproducción. Planta, 14(7), pag.11-13.
- Vázquez, B. M. 2011. Hongos en Granos y Semilla. (Manual de curso de Tecnología de semillas II). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- Willian, R. L. 1991. Guía para la Manipulación de Semillas Forestales, Estudio con Especial Referencia a los Trópicos. FAO Montes. Capítulo 7: Almacenamiento de la semilla.

Zamora, Velasco, Cano, & Arellano. 2005. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de los Recursos Forestales no Maderables de clima templado y frío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.Pag.16-25.