

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Almacenamiento Semi-Hermético de Semillas de Girasol (*Helianthus annus* L.)
y su Relación con la Calidad Fisiológica y Sanitaria.

Por:

DIEGO GUTIERREZ RANGEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Almacenamiento Semi-Hermético de Semillas de Girasol (*Helianthus annus L.*)
y su Relación con la Calidad Fisiológica y Sanitaria

Por:

DIEGO GUTIÉRREZ RANGEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Adriana Antonio Bautista
Asesor Principal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2025

DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no ocurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos textos sin citar la fuente o autor original (copia-pegar); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Diego Gutiérrez Rangel

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTOS	10
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN.....	13
Justificación	14
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
Generalidades Del Cultivo.....	17
Clasificación taxonómica.....	17
Morfología	18
Raíz.....	18
Tallo	18
Hojas	18
Inflorescencia	19
Flores	19
Semilla.....	20
Requerimientos Edafoclimáticos	20
Suelo	20
Temperatura	20
Agua	21
Importancia del Cultivo.....	21
Importancia económica	22
Especie Oleaginosa	22

Factores que Influyen en el Almacenamiento	23
Humedad de las semillas	23
Humedad relativa	24
Temperatura	24
Contenido de Humedad Relativa.....	25
Temperatura	25
Contenido de humedad de la semilla.....	25
Preceptos de Almacenamiento.....	26
Perdidas por Almacenamiento	27
Almacenamiento de semillas y granos de Girasol	28
Tipos de Almacenamiento.....	29
1. Almacenamiento en sacos.....	30
2. Almacenamiento a granel	30
3. Almacenamiento hermético	31
Contenedores de almacenamiento.....	31
1. Sacos y envases de plástico	31
2. Tambos metálicos	31
Parámetros de calidad	31
Calidad fisiológica.....	32
Calidad sanitaria.....	32
MATERIALES Y MÉTODOS	33
Ubicación de sitio experimental.....	33
Material genético.....	33
Acondicionamiento de material genético	33
Contenedores de almacenamiento.....	33

Condiciones de almacenamiento	34
Preparación de las muestras.....	34
Contenido de humedad de las semillas.....	34
Prueba de germinación	35
Análisis sanitario	35
Siembra de semillas en el medio de cultivo.....	36
Variables evaluadas.....	36
Contenido de humedad de las semillas.	36
Variables fisiológicas.....	37
Porcentaje de germinación	37
Plántulas normales	37
Plántulas anormales	37
Semillas muertas	37
Semillas duras	38
Variable sanitaria	38
Incidencia	38
Semilla libre.....	38
Semilla con hongo	38
Análisis estadístico.....	39
Diseño experimental	39
RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
CONCLUSIONES.....	49
LITERATURA CITADA	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Descripción de contenedores	33
Cuadro 3.2. Descripción de ambientes y temperaturas de almacenamiento. ...	34
Cuadro 4.1. Comparación de Medias de las variables evaluadas en el laboratorio	42
Cuadro 4.2. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto del ambiente sobre PA, SD y IH.	42
Cuadro 4.3. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto del Contenedor sobre CH.	43
Cuadro 4.4. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto del Muestreo sobre CH, SG, PA, SM, SD.	45
Cuadro 4.5. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto Amb*Mues sobre PA, SM y SD.	47

DEDICATORIA

A Dios

Sin tu luz, no habría encontrado la sabiduría necesaria para seguir adelante, ni la salud para enfrentar cada reto. Hoy, al concluir esta etapa, te entrego mis logros con humildad y gratitud, sabiendo que todo es posible gracias a Ti. Que mi conocimiento sea siempre para servir y hacer el bien.

A mis padres

Elias Gutiérrez Reyna

Sandra Rangel Navarro

Por su amor incondicional, por estar siempre a mi lado y ser mi mayor fuente de inspiración. Con su ejemplo, enseñanzas y guía, me orientaron por el camino correcto, inculcándome valores que hoy me definen y dándome la fortaleza para superar cada desafío. Su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida fue la base para que pudiera alcanzar este logro. Me dieron herramientas para seguir adelante, la disciplina para no rendirme y, sobre todo, su mano para levantarme en cada caída. Hoy, al terminar mis estudios, sé que este triunfo también es suyo, porque sin ustedes, nada de esto habría sido posible.

A mis hermanos

José Dario Gutiérrez Rangel

Brisa Gutiérrez Rangel

Arely Gutiérrez Rangel

Por sus consejos, apoyo y compañía incondicional desde que éramos pequeños.

Ustedes han sido una fuente constante de inspiración para mí, motivándome a ser una mejor persona cada día. Me siento orgulloso de poder ser un ejemplo de superación para cada uno de ustedes, y agradezco profundamente todo lo que me han enseñado a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

A mi Alma Terra Mater gracias por formarme profesionalmente; por brindarme un espacio de aprendizaje, crecimiento y desarrollo personal. Agradezco cada conocimiento adquirido, cada desafío superado y cada oportunidad que me permitió avanzar en mi carrera. Por cada enseñanza que va más allá de lo académico, por el apoyo brindado por los docentes y compañeros, por ser una parte fundamental en la formación de mi futuro profesional.

A mis amigos

A **Miguel Ángel Raya, Luis Luna, Brayan Rosas y Iván Beltrán** gracias por su apoyo, dedicación y trabajo en equipo al ayudarme a elaborar este proyecto. Cada uno de ustedes aportó con sus ideas, esfuerzo y tiempo, por estar siempre dispuestos a dar lo mejor de ustedes, por su compañerismo, su ayuda no solo fue fundamental, sino también una muestra de la gran amistad que compartimos.

A mis amigas

A **Jhoselyn Chío y Brenda** gracias por ayudarme al elaborar este proyecto, por su paciencia y por estar siempre dispuestas a colaborar. Su compañerismo y apoyo no solo fueron esenciales, sino también una muestra de la amistad tan valiosa que compartimos.

A mi amigo de siempre

A **Iván Luna** gracias por ser un apoyo incondicional en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada logro alcanzado, por brindándome consejos, confianza y compañía inigualable. Aprecio cada conversación, cada risa compartida y cada instante en el que has demostrado ser más que un amigo, un hermano de vida.

A la Dra. Adriana Antonio Bautista

Gracias por brindarme la oportunidad y la confianza para desarrollar esta investigación, permitiéndome adquirir nuevos conocimientos y fortalecer mis habilidades en el área. Gracias por su apoyo y por facilitarme los recursos necesarios para llevar a cabo este trabajo, contribuyendo significativamente a la culminación de mi formación académica.

Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Gracias profundamente por su apoyo incondicional, siempre brindándome palabras de aliento, sus consejos han sido una guía invaluable, ayudándome a superar desafíos y a tomar decisiones con mayor claridad. Además, su disposición para compartir sus conocimientos me ha permitido crecer tanto personal como profesionalmente, por creer en mí y por ser parte fundamental de este proceso.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el deterioro y calidad de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) al ser almacenados en dos recipientes de diferente calibre en tres distintos ambientes, sobre la calidad fisiológica y sanitaria realizado la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas ubicado en el Departamento de Fitomejoramiento en el laboratorio de Producción y Almacenamiento de Semillas y en el Banco de Germoplasma ubicado en el Programa de Recursos Fitogenéticos, en el año 2023-2024. La semilla utilizada fue proporcionada por un Investigador de la UAAAN, la cual fue cosechada en el año 2023. Utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tres factores, la semilla se almaceno por 120 días realizando un muestreo cada 30 días, bajo tres ambientes (60% HR y 5-10°C; 75% HR y 15°C; 55% HR y 7° C) en dos tipos de contenedores (Delgado y Grueso). Las variables evaluadas fueron (CH) Contenido de Humedad, (SG) Semillas Germinadas, (PN) Plántulas Normales, (PA) Plántulas Anormales, (SM) Semillas Muertas, (SD) Semillas Duras e (IH) Incidencia de Hongos. En conclusión, los tres ambientes evaluados fueron adecuados para el almacenamiento de semillas de girasol, ya que no se detectó pérdida de germinación. Sin embargo, el ambiente con menor incidencia de hongos fue el cuarto frio. Además, los contenedores de menor calibre permitieron mayor intercambio de humedad, afectando la humedad de las semillas. En general, tanto los tres ambientes como ambos tipos de contenedores son viables para el almacenamiento a mediano plazo.

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta herbácea de la familia de las *Asteráceas*, cultivada como oleaginosa y ornamental en todo el mundo. Los usos diversos del girasol que se utiliza como alimento, como medicina, en ceremonias de tipo religioso, también para la producción de grano, del cual se extrae aceite de excelente calidad para la alimentación humana, además se emplean como forraje verde, o bien como abono verde por su alta producción orgánica (Ortiz, 2010). Los principales países productores de girasol son, en orden de importancia: Rusia, Ucrania, Argentina, India, China, Rumania y EU. En conjunto, estos países sumaron el 72 por ciento del total de la producción mundial de girasol, pero destaca Rusia, que aporta el 23 por ciento de la producción de esta oleaginosa a nivel mundial. En los últimos años, se registró una disminución de la producción mundial con una tasa de crecimiento negativa de 8.8 por ciento (Cerero, 2008).

En México, los estados con mayor superficie cosechada de girasol son: Morelos, Nayarit, Baja California Sur y Norte, Campeche y Coahuila, sin embargo, cabe mencionar que este cultivo ha venido perdiendo fuerza, pues existen casos de estados como Tamaulipas y Sonora donde tradicionalmente se cultivaba. A partir del 2008 ya no se registraron datos de su cosecha en los últimos años (Cerero, 2008)

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de

los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración (Doria, 2010). La importancia de este proceso en la semilla es vital, pues si no hay germinación no hay planta y sin planta no hay cosecha. El inicio de la vida de una planta se ve amenazada por varios inconvenientes, como serían, la falta o exceso de riegos, plagas, demasiada solarización o temperatura inapropiada, por estas y otras razones se extremarán los cuidados para obtener plántulas.

El 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 las plagas (Hernández, 2016).

El almacenamiento y acondicionamiento correcto de la semilla de girasol es de gran importancia para lograr preservar todos los atributos de calidad, desde el momento de la cosecha hasta su procesamiento industrial. Las semillas deben conservar su viabilidad, germinación hasta el momento en que serán utilizadas, si una semilla pierde o reduce su capacidad para generar una nueva planta, debe ser utilizada solo como grano (Bartosik, 2015).

Justificación

La calidad de las semillas durante el almacenamiento es un aspecto fundamental en la producción agrícola, ya que influye directamente en el rendimiento y la viabilidad del cultivo. Cuando las condiciones de almacenamiento no son adecuadas, las semillas pueden sufrir deterioro tanto en cantidad como en

calidad, lo que afecta su capacidad de germinación y el potencial productivo de las plantas.

En el caso del girasol (*Helianthus annuus*), esta preocupación es aún mayor debido a su naturaleza oleaginosa, lo que lo hace particularmente susceptible a la pérdida de viabilidad germinativa con el tiempo. Muchos productores utilizan semillas que presentan deficiencias sanitarias y fisiológicas, lo que incrementa el riesgo de fallas en la implantación del cultivo y reduce la uniformidad del establecimiento de las plántulas.

Además, la conservación prolongada de las semillas de girasol puede generar alteraciones en su composición química, afectando la calidad del aceite que se extrae de ellas. Factores como la temperatura, la humedad y la presencia de plagas o microorganismos pueden acelerar la oxidación de los lípidos, provocando enranciamiento y disminuyendo el valor comercial del producto final.

Por ello, es esencial que los productores implementen estrategias adecuadas de almacenamiento, como el control de la humedad relativa, la regulación de la temperatura y el uso de envases adecuados que minimicen la exposición al oxígeno y a la luz. Estas prácticas no solo prolongan la vida útil de las semillas, sino que también contribuyen a mantener su calidad sanitaria y fisiológica, garantizando una siembra exitosa y una producción óptima de aceite.

Objetivo general

Evaluar el deterioro y calidad de semillas de girasol al ser almacenados en dos recipientes de diferente calibre en tres distintos ambientes.

Objetivos específicos

- Determinar la calidad fisiológica mediante pruebas de germinación y vigor a corto, mediano y largo plazo.
- Evaluar el contenido de humedad de los recipientes a corto, mediano y largo plazo.
- Diagnosticar la sanidad de las semillas por medio un análisis sanitario a corto, mediano y largo plazo.

Hipótesis

Las semillas de girasol al ser almacenadas semi-herméticamente en tres distintos ambientes pueden conservar su calidad fisiológica y sanitaria, así como mantener su longevidad.

Al menos uno de los tres ambientes de almacenamiento mantendrá la mayor longevidad de la semilla de girasol.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades Del Cultivo

El girasol (*Helianthus annuus L.*), es un cultivo que se caracteriza por presentar una alta tolerancia al frío y al déficit de humedad edáfica, además de tener un ciclo de cultivo más corto que el maíz, lo cual hace que se pueda sembrar en zonas propensas a déficit de lluvias como un cultivo alternativo al maíz, y de mejor adaptación a los cambios climáticos inciertos, lluvias intermitentes y sequías prolongadas, que se han presentado en las últimas décadas, como lo indican los estudios realizados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Aragadvay *et al.*, 2015).

El girasol al igual que frijol y maíz es un cultivo originario del continente americano, específicamente en Mesoamérica, el nombre de girasol proviene de la propiedad que tiene en la etapa de floración de girar su inflorescencia hacia el sol para captar mejor su luz, (a este mecanismo fisiológico se le conoce como heliotropismo) (Ávila *et al.*, 2014).

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Helianthus*

Especie: *Helianthus annuus L*

Morfología

Es una hierba robusta, anual, con flores en cabezuelas grandes; las exteriores son amarillas y las interiores son cafés, con un desarrollo vigoroso en todos sus órganos.

Raíz. Presenta un sistema radicular vigoroso, con una raíz pivotante que puede llegar a profundizar hasta 4 m, con raíces adventicias, lo cual lo hace resistente a largos periodos de sequía. Sin embargo, se considera que tiene un escaso poder de penetración, esto es que si encuentra alguna capa dura o compacta en el subsuelo no penetra y tiende a deformarse, en forma muy similar a la pata de gallo del algodón (Ávila *et al.*, 2014).

Tallo. Tiene un solo tallo recto, más o menos cilíndrico, pubescente, fistuloso áspero, sin ramificación para los tipos cultivados, con una altura que puede oscilar desde 1 m en los tipos enanos a los altos cuya altura puede ser superior a los 3 m. El diámetro puede variar de 2 a 5 cm dependiendo de la variedad, fecha de siembra y densidad de siembra principalmente (Ávila *et al.*, 2014).

Hojas. Generalmente tienen forma acorazonada, poseen una textura rugosa con pubescencia o sin ella, lo cual depende del cultivar. Las hojas de los dos o tres primeros pares de la base del tallo son opuestas y las demás alternas. El número

varía entre 20 y 40, dependiendo del cultivar y de las condiciones ambientales donde se desarrolle la planta (Ávila, 2009).

Inflorescencia. Presenta una inflorescencia terminal en forma de capítulo, con un receptáculo más o menos plano, donde se insertan las flores sésiles, pudiéndose encontrar de 500 a 1 000 flores por capítulo. Alrededor del capítulo, se encuentran un número variado de brácteas involúcras. Esta inflorescencia puede medir de 10 a 30 cm de diámetro, según la variedad, fecha de siembra, densidad y fertilidad del suelo (Ávila *et al.*, 2014).

Flores. Existen dos tipos principales de flores en el capítulo del girasol, las flores estériles conocidas como flores liguladas o de rayo, que se encuentran en la parte periférica o exterior del capítulo, rodeándolo completamente, ya sea en uno o dos ciclos. Estas flores están constituidas principalmente por cuatro pétalos soldados dándole la apariencia de ser un solo pétalo grande de color amarillo, estas flores debido a su color y apariencia ayudan en la atracción de insectos polinizadores como las abejas y abejorros principalmente (Ávila *et al.*, 2014).

El otro tipo de flor, son fértiles, y se les conoce como flor tubulosa o flor de disco y son las flores que ocupan toda el área del capítulo y pueden producir grano. Las flores de disco se encuentran dispuestas generalmente en arcos convergentes hacia el centro del capítulo, presentan un cáliz modificado en papús constituido por dos hojuelas, una corola gamopétala formada por cuatro pétalos soldados, de color cremoso o café, un androceo constituido por cuatro estambres cuyos filamentos se encuentran libres y sus anteras unidas, formando una cavidad por la cual emerge el estilo y estigma, él cual es un estigma bífido, el

ovario es bicarpelar, unilocular y monospermo, con un ovario ínfero (Ávila *et al.*, 2014).

Semilla. Es un fruto seco conocido botánicamente como Aquenio, que en el caso del girasol se caracteriza por ser de forma más o menos tetragonal con una dimensión de 1 cm de largo, de color variado desde un color negro en las variedades aceiteras, pasando por diferentes tonalidades de gris, hasta un color blanco. En algunas variedades para confitería podemos encontrar como una característica común el presentar un grano de color variegado, con un fondo claro con estrías de color oscuro (Ávila, 2009).

Requerimientos Edafoclimáticos

El girasol es una planta de fácil adaptabilidad, ya que lo podemos encontrar desde los 35° latitud norte hasta los 45° latitud sur, en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 2 500 msnm. Es un cultivo que requiere de un clima de templado a templado-cálido (Ávila *et al.*, 2014).

Suelo. El girasol requiere suelos profundos sin impedimentos para el desarrollo de las raíces, ya que la raíz pivotante que posee tiene gran capacidad exploratoria, pero es muy sensible a impedancias del suelo tanto genéticas como generadas por las labores. Los suelos arcillo-arenoso son considerados como los más convenientes; en cambio los arenosos, por tener poca capacidad de retención de humedad, no lo son (Calero, 1995).

Temperatura. Se adapta a condiciones de temperatura muy variada, desarrollándose bien en temperaturas de 22 a 30 °C, teniendo su rango óptimo

de los 20 A 22 °C. A temperaturas de 13 a 17 °C su desarrollo es más lento, teniéndose el riesgo de que se presenten mal formaciones en la planta. Temperaturas medias diarias menores de 20 °C o mayores de 40 °C pueden producir esterilidad en los granos de polen y pérdida de la receptibilidad del estigma, provocando una falla en la formación del grano (Ávila *et al.*, 2014).

Agua. El Girasol requiere un mínimo de 300 a 500 mm. Se trata de una planta que aprovecha el agua de forma mucho más eficiente en condiciones de escasez, su sistema radicular extrae el agua del suelo a una profundidad a la que otras especies no pueden acceder. Requiere poca agua hasta unos diez días después de la aparición del capítulo donde se aplicará 50- 60 litros por metro cuadrado. A partir de ese momento las necesidades hídricas aumentan considerablemente y se mantienen hasta unos 25-30 días después de la floración aportando un segundo riego de 60-80 litros por metro cuadrado en plena floración (Acevedo, 2017).

Importancia del Cultivo

Es considerado como un cultivo con amplias cualidades, como son: su alto contenido de aceite (> del 40%), su relativo menor requerimiento de agua, su resistencia a plagas y enfermedades, además de sus usos colaterales como forraje en ensilado o la utilización de la torta que queda después de extraer su aceite, en la elaboración de alimento balanceado para el ganado, otro de sus usos que ha cobrado cada vez más interés, es el de su consumo directo como golosina, tostado y salado, o como alimento para aves y en los últimos años su

gran relevancia como ornato y en la floristería. además, que, su ciclo vegetativo es corto (< de 120 días).

El aceite de girasol es considerado de muy buena calidad, en virtud de su alto contenido de ácidos grasos insaturados, como el ácido oleico y linoleico; así como la presencia de vitaminas liposolubles, como la vitamina A, D, y sobre todo en vitamina E y por la alta digestibilidad de sus proteínas.

Importancia económica

El SIAP reportó que para el 2023 la superficie nacional destinada para la producción de girasol ascendió a 808.20 ha, de las que se cosechó el 100 % con una producción total de 345,063.70 t y con un valor de producción de poco más 114 MDP.

Se menciona que este cultivo se siembra básicamente en doce estados de la república mexicana. Siendo los estados más importantes para este cultivo: Tamaulipas, Guanajuato, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas, participando con el 90.8 % de la superficie nacional en el ciclo 21/22. En el ciclo agrícola 2021/2022 se sembraron alrededor de 3,600 hectáreas en todos los tipos de girasol, tanto de forraje, ornato y floristería como para grano.

Especie Oleaginosa

Las plantas oleaginosas son los vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, ya sea para uso industrial o comestible. Una de las características de estas cadenas productivas es la estrecha integración entre el eslabón de agricultores y la industria de la transformación, particularmente la

producción de aceite para uso alimenticio y de pasta para la alimentación de ganado.

Del girasol se obtienen dos principales productos, la harina y el aceite, la primera es utilizada en la industria de alimentos, ya que su contenido de proteína oscila entre el 40 y 50 por ciento, lo que la hace atractiva para la alimentación del ganado. Por otro lado, el aceite de girasol es uno de los aceites con mayores beneficios a la salud, por su alto contenido de grasas poliinsaturadas (Cerero, 2008).

Factores que Influyen en el Almacenamiento

El buen almacenamiento del grano depende de muchos factores, tales como humedad, temperatura, ataque de insectos, hongos, roedores, manejo del grano, manejos del almacén y cuidados tomados por el agricultor. Estos factores ocasionan cambios en el grano y todos están íntimamente ligados entre sí (Gruposacsa, 2015).

Las razones por las cuales se deben guardar 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 (William, 1991).

Humedad de las semillas

La asociación entre la humedad de la semilla, la temperatura de almacenaje y la longevidad de la semilla. De acuerdo a las condiciones con que se cuentan

durante el almacenamiento, la semilla puede absorber o perder humedad; al incrementar de humedad puede traer como consecuencia que se acelere la respiración, el calor y la invasión de hongos, destruyendo la viabilidad de las semillas más rápidamente (William, 1991).

Humedad relativa

La relación entre la presión de vapor del vapor de agua en el aire y la presión del vapor de agua saturado a la misma temperatura y presión atmosférica. La humedad relativa es expresada en forma decimal o como porcentaje.

Temperatura

La temperatura presenta una correlación negativa con la longevidad de la semilla; cuanto más baja es la temperatura, menor es la tasa de respiración, y por ello tanto más prolongada la vida de la semilla almacenada. Harrington (1963, 1970) sugirió otra norma práctica para las semillas agrícolas: entre 50°F y 0°F, cada 5°C de descenso de la temperatura de almacenamiento supone duplicar la vida de la semilla.

En el caso de las semillas ortodoxas, cuyo contenido de humedad puede reducirse hasta unos niveles bajos, se consigue una longevidad aún mayor mediante el almacenamiento a temperaturas inferiores a 0°C (William, 1991).

La elección de la temperatura de almacenamiento varía considerablemente según la especie de que se trate y el período de tiempo durante el que se va a almacenar la semilla (William, 1991).

Contenido de Humedad Relativa

Temperatura

En el lugar de almacenamiento, es necesario tomar la temperatura del aire y del grano. En un clima muy frío, los insectos y hongos no crecen muy rápidamente o no crecen del todo y las semillas no respiran en gran medida atrasando su deterioro. En lugares cálidos, cuando la temperatura del grano aumenta, ciertos fenómenos comienzan a suceder entre ellos:

- Los insectos inician su reproducción.
- Los hongos comienzan a germinar y a multiplicarse (si tienen suficiente humedad).
- Los hongos, insectos y semillas respiran más rápidos causando un incremento de temperatura y humedad del grano almacenado. Llegando a extremos de descomposición total si se deja sin cuidado.

(Gruposacsa, 2015).

Contenido de humedad de la semilla.

Lo más importante en un buen almacenamiento es secar el grano rápidamente y mantenerlo seco y fresco, ya que el grano y el aire tienen humedad. La humedad del grano y la humedad del aire actúan buscando un equilibrio constante. Todo grano cosechado retiene cierta humedad. Si el grano está muy húmedo el ataque de hongos es inmediato. Para un buen almacenamiento el grano debe secarse hasta que solo retenga 13 o 14% de humedad. El secado previene únicamente el ataque de hongos y no debe utilizarse como única medida de garantía de un buen almacenamiento.

El contenido de humedad y la temperatura interactúan constantemente por lo que es necesario mantener el grano seco y fresco. Es importante mantener los almacenes protegidos de los rayos del sol, ya que éstos calientan el depósito y el calor se extiende hacia el interior, creando condiciones favorables para el crecimiento de hongos e insectos (Gruposacsa, 2015)

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 las semillas no se mejora con el almacenamiento.
- 2) El C.H. y la T°C. de las semillas son los factores más importantes que influyen en el almacenamiento.
- 3) EL C.H. de las semillas es función de la H.R. y de la T°C.
- 4) El contenido de humedad es más importante que la temperatura.
- 5) Por cada 1% que se disminuya el C.H. de la semilla, se duplica su longevidad (valido en el rango de 5-14% C.H.)
- 6) Por cada 10°F (5.5°C) que se disminuya en el almacenamiento se duplica la vida de la semilla (valida 0 - 50°C; 0 - 30°C).
- 7) Las mejores condiciones para un almacenamiento son un lugar fresco y seco.

¿Qué tan fresco y que tan seco? Dependiendo de:

- La clase de semilla
- Del tiempo en que se guardara la semilla

- Condiciones fisiológicas de la semilla

Oleaginosas (8 - 10%)

Cereales (11 - 13%)

- 8) Las semillas dañadas, inmaduras y deterioradas no se conservan mejor que las semillas maduras, sanas y vigorosas.
- 9) Para un almacenamiento hermético es necesario que el C.H. de la semilla sea de 2 a 3% menor que en el almacenamiento hermético.
- 10) La longevidad de la semilla es una característica de las especies (Vida corta y larga).

Perdidas por Almacenamiento

Muchos productores de girasol utilizan semillas de baja calidad fisiológica y sanitaria, y estos factores se ven agravados empeorados por la conservación a largo plazo, ya que el girasol, así como cualquier oleaginosa, pierde su poder germinativo con relativa facilidad, además de afectar el contenido y calidad de aceite.

El almacenamiento y acondicionamiento de las semillas de girasol, tanto con destino aceitero como confitero, tiene particularidades que se derivan de sus características físicas y químicas. Entre los factores que afectan la calidad de las semillas durante el almacenamiento: la calidad inicial del lote de semillas; Se debe tener en cuenta el entorno de conservación (con sus variaciones de temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno y el embalaje), así como las características inherentes a la especie. El tipo de empaque durante el almacenamiento, asume importancia relevante sobre la calidad de las semillas,

ya que el empaque efectivamente ayuda a disminuir la velocidad de deterioro, al mantener el contenido de humedad inicial de las semillas almacenadas y al disminuir, o no, su tasa de respiración (Tonin y Pérez, 2006).

Una vez almacenadas, las semillas pueden ser invadidas por un grupo de hongos, llamados "hongos de almacenamiento" estos hongos no invaden la semilla en campo, ya que no sobreviven a la competencia con otros hongos que también crecen a altas tasas de contenido de humedad de semillas (Dhingra, 1985).

Almacenamiento de semillas y granos de Girasol

Según Casini (2003) el grado de humedad, la temperatura, la limpieza, la pureza y el estado sanitario, entre otros, son factores importantes a tener en cuenta en la conservación de los granos. Para Casini y colaboradores (2004), el grano de girasol se puede conservar con bajo riesgo en bolsas plásticas durante 6 meses si la humedad del grano está al 11 %, sin embargo, si el contenido de humedad del grano está entre 12 y 14 % el tiempo de conservación con bajo riesgo se reduce a 2 meses (Fernández *et al.*, 2007).

En función de estos factores se utilizan distintos tipos de almacenamientos, pero estos se agrupan en dos modalidades:

1. En atmósfera con composición normal.
2. En atmósfera con modificación en su composición.

En ambos casos el almacenamiento puede ser con o sin regulación de la temperatura y de la humedad ambiental. En el caso del almacenamiento en

condiciones herméticas, la modificación de la atmósfera interior se logra mediante la propia actividad biológica de la semilla y de los demás organismos que la acompañan y consiste básicamente en la disminución del contenido de oxígeno y en el aumento de la concentración de dióxido de carbono como consecuencia del proceso de respiración (Fernández *et al.*, 2007).

Tipos de Almacenamiento

El principio de un buen almacenamiento y conservación de granos y semillas es el empleo de bodegas secas, limpias y libres de plagas; donde se almacenen granos o semillas secos, enteros, sanos y sin impurezas. Independientemente del tipo de almacén o de recipiente que se utilice, el producto almacenado debe mantenerse fresco, seco y protegido de insectos, pájaros, hongos y roedores (SAGARPA, 2017).

En estructuras cerradas como los silos metálicos puede producirse condensación de agua (migración de humedad) debido al cambio de temperatura ocasionado por la presencia o ausencia del sol, lo que vendría a causar la pérdida total del grano, por hongos, calentamiento y apelmamiento. Por esto, es necesario, colocar esta estructura en un local fresco, donde no dé en ningún momento el sol. Al comprender estos puntos, se habrá entendido un principio muy importante sobre el almacenamiento del grano.

En México, algunos de los métodos de almacenamiento de mayor uso son:

1. Almacenamiento en sacos

Los sacos se hacen de yute, henequén, fibras locales y sintéticas. Son relativamente costosos, tienen poca duración, su manipulación es lenta y no proporcionan buena protección contra la humedad, insectos y roedores. Su rotura ocasiona pérdidas del producto almacenado y facilita la infestación por plagas. No obstante, su manejo es fácil, permiten la circulación del aire cuando se colocan apropiadamente y pueden almacenarse en la casa del agricultor, sin requerir áreas especiales. Antes de utilizarse, los costales deben limpiarse perfectamente, exponerse al sol y asegurarse de que no estén rotos. Los productos ensacados deben inspeccionarse al menos cada dos semanas, introduciendo la mano a su interior para revisar el calentamiento del grano o la semilla, el cambio en olor o de color, así como la presencia de insectos. Si algún problema de este tipo se presenta, el grano debe vaciarse de nuevo, limpiarlo, secarlo y de ser necesario tratarlo con productos especiales. Los sacos deben estibarse sobre plataformas de metal, madera o de ladrillos, evitando con ello el contacto directo con el suelo. Debe dejarse una separación con relación a las paredes del almacén (SAGARPA, 2017).

2. Almacenamiento a granel

El almacenamiento a granel es una práctica común. Este método tiene la ventaja que es mecanizable, aunado a que la manipulación de granos y semillas es rápida. Por el contrario, la posibilidad de ataque por roedores aumenta y hay poca protección contra la reinfestación (SAGARPA, 2017).

3. Almacenamiento hermético

Consiste en almacenar el producto en recipientes que evitan la entrada de aire y humedad al producto. En estas condiciones, la respiración de la semilla y de los insectos (cuando los hay) agota el oxígeno existente, provocando la muerte de estos últimos y la reducción de la actividad de la semilla, por lo que el almacenamiento puede durar mucho tiempo sin que exista deterioro. El nivel de humedad de los granos o semillas por almacenar debe ser menor del 9% (SAGARPA, 2017).

Contenedores de almacenamiento

1. Sacos y envases de plástico

Son recipientes herméticos, fáciles de manejar, protegen al grano o semilla contra insectos y son apropiados para fumigar cantidades pequeñas de grano y semilla. Sus desventajas son que pueden romperse con facilidad, se destruyen por roedores y en ciertas regiones son costosos. La humedad del producto por almacenar debe ser inferior al 9% (SAGARPA, 2017).

2. Tambos metálicos

Es común su uso y funcionan muy bien como almacén, siempre y cuando la humedad del producto sea menor al 12%. Estos actúan como barrera contra el ataque de insectos y roedores, además se pueden utilizar con éxito para realizar fumigaciones de granos y semillas (SAGARPA, 2017).

Parámetros de calidad

La calidad de una semilla está dada por los componentes genético, físico, fisiológico y fitosanitario, que en su conjunto le brindan la capacidad para

germinar y desarrollar una plántula normal aún en condiciones ambientales desfavorables (Estrada, 2022). Para ello debe contar con una serie de atributos como pureza genética, alto grado de pureza físico botánica, viabilidad, germinación, vigor, sanidad, adecuado contenido de humedad, homogeneidad del lote, entre otros. Se debe tener en cuenta que la semilla es un ente vivo y como tal hay que tratarla para mantenerla viable y con su más alto potencial biológico por el mayor tiempo posible. Es conocido que los factores que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida de vigor y viabilidad total o parcial son: temperatura, humedad, presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores (Tamborelli, 2021).

Calidad fisiológica

Es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. En el momento que la semilla madura llega a la máxima vitalidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales. Por ello el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El nivel extremo de envejecimiento es la muerte o pérdida de la capacidad para dar una planta normal y vigorosa (Terenti, 2004)

Calidad sanitaria

Se refiere a la presencia de enfermedades y plagas en un lote de semillas. Es indicador de si las semillas están libres de patógenos, u enfermedades transmitidas por semillas o de insectos plaga (FAO, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de sitio experimental

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila, en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas ubicado en el Departamento de Fitomejoramiento, en el laboratorio de Producción y Almacenamiento de Semillas y en el Banco de Germoplasma ubicado en el Programa de Recursos Fitogenéticos.

Material genético

La semilla fue proporcionada por un Investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, de un lote de semillas cosechadas en el año 2023.

Acondicionamiento de material genético

Las semillas de girasol fueron sometidas a una sopladora de aire para ser limpiadas y eliminar las semillas vanas y residuos.

Contenedores de almacenamiento

Se utilizaron dos tipos de contenedores según el Cuadro 3.1

Cuadro 3.1. Descripción de contenedores

Contenedor	Características
1	Contenedor delgado ESPECIERO PET 650 ML NATURAKR-63 86 X151
2	Contenedor grueso MAXI 250 PET ANILLADO TRASPARENTE 31G

Condiciones de almacenamiento

Las semillas se almacenaron por un periodo de 120 días en tres ambientes como se describe en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Descripción de ambientes y temperaturas de almacenamiento.

Ambiente	Descripción	H.R.	T°
1	Refrigerador	60%	5-10°C
2	Refrigerador	75%	15°C
3	Cuarto frío	55%	7°C

Preparación de las muestras

Se colocaron 135 semillas en sacos de tela tipo tul y posteriormente fueron llevadas a los contenedores, se les le colocó en el contenedor No. 1, 70 gr y al contenedor No. 2, 30 gr de silica gel como indicador de humedad, posteriormente se colocaron 4 sacos en cada recipiente y fueron sellados con un sello de Poliestireno y fueron colocados en los tres ambientes de almacenamiento, se realizaron 4 muestreos a 0, 30, 60, 90 y 120 días.

Contenido de humedad de las semillas.

El contenido de humedad en las semillas se refiere a la proporción de agua presente en relación con su peso. El contenido de humedad se puede determinar mediante un método termogravimétrico, que consiste en calentar la muestra y medir la pérdida de peso por evaporación de la humedad.

Prueba de germinación

La germinación de la semilla es una prueba de laboratorio, es la emergencia y desarrollo de la plántula hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es capaz o no de desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables, y es el índice de calidad más usado.

El análisis se realizó en papel de germinación previamente humedecido, en el cual se colocaron 100 semillas por cuatro repeticiones. Posteriormente las hojas fueron cubiertas con otra hoja previamente humedecida y se enrollaron para darle forma de "taco", en la parte inferior de cada "taco" se marcó el ambiente, tratamiento y repetición, para su posterior identificación.

Los tacos fueron acomodados en bolsas de polietileno y se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 20°C – 25°C por 8 días.

Análisis sanitario

Se realizaron pruebas de sanidad en medio de cultivo de Malta Sal Agar (MSA). El análisis con medio de cultivo MSA es usado comúnmente para observar presencia de hongos de almacén.

Para la preparación de un litro de medio, se utilizaron 20 g de agar bacteriológico, 20 g de extracto de malta y 60 g de cloruro de sodio. A continuación:

- Se mezclaron en un matraz Erlenmeyer con agua destilada.
- Se le colocó un tapón de algodón, seguido de una envoltura de papel estraza.

- Se introduce el matraz en una autoclave, a una presión de 18 libras/pulgada² y 120°C por 15 minutos.
- Se vació el medio en cajas Petri estériles, dentro de una cámara de flujo laminar, y se guardaron en un refrigerador.

Siembra de semillas en el medio de cultivo

Se colocaron 10 semillas en una caja Petri, las semillas previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2% durante un minuto, se sellaron las cajas Petri con película plástica y en la parte inferior se marcó el ambiente, tratamiento y repetición, para su identificación, posteriormente se incubaron por siete días en una estufa de secado a 27°C.

Variables evaluadas

Contenido de humedad de las semillas.

Se determinó el contenido de humedad de la semilla de la siguiente manera: se tomaron cuatro repeticiones de 20 semillas, estas se pusieron en recipientes de aluminio con su tapa previamente pesada. Enseguida se pesaron las cajas con la semilla y estas fueron puestas en la estufa de secado a 135 °C por 4 hrs. Transcurrido el tiempo de secado, las cajas se retiraron de la estufa y se colocaron en el desecador aproximadamente por 10 minutos para que estas se enfriaran y no absorbieran la humedad, por ultimo las muestras se pesaron. Los resultados se calcularon mediante la siguiente formula:

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

Donde:

P1: Peso de recipiente y su tapa

P2: Peso del recipiente, su tapa y semillas antes del secado

P3: Peso del recipiente, su tapa y semillas después del secado

Variables fisiológicas

Porcentaje de germinación

Para calcular el porcentaje de germinación de semillas se utiliza la fórmula:

$$PG = \frac{\text{No. semillas germinadas}}{\text{No. semillas sembradas}} * 100$$

Dónde: **PG** es el Porcentaje de Germinación.

Plántulas normales

Se llevó acabo 7 días después de la siembra, tomando en cuenta todas aquellas semillas que muestran potencial de desarrollarse en plantas satisfactorias cuando se cultivan en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz.

Plántulas anormales

Se tomaron en cuenta todas aquellas semillas que fueron capaces de germinar, pero produjeron una plántula con crecimientos irregulares. No muestran el potencial de convertirse en una planta normal, cuando se cultivan en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, luz y temperatura.

Semillas muertas

Se realizó un conteo de todas aquellas semillas que no fueron capaces de germinar. Las que al final de su período de prueba no son duras ni frescas, ni

produjeron cualquier parte de una plántula. Las semillas muertas absorben agua, son por lo general suaves, descoloridas, con frecuencia con moho, y no muestran signos de desarrollo de una plántula.

Semillas duras

Se realizó un conteo de las semillas que no germinaron durante el período de tiempo de la prueba de germinación, pero que se determina que está viva y respira. La semilla dura es un tipo de semilla latente que tiene una cubierta impermeable al agua.

Variable sanitaria

Incidencia

Se calcula dividiendo el número de semillas con presencia de hongo, entre el número de semillas sin presencia de hongo.

Semilla libre

Se realizó un conteo a los 8 días de hacer la siembra sobre medio MSA con semillas sin presencia de hongos.

Semilla con hongo

Se realizó un conteo a los 8 días de hacer la siembra sobre el medio MSA con semillas que presentaban daño visual de hongos. Se evaluó el número de semillas que presentaban crecimiento de colonias de hongos diferenciándose por la coloración de ellas. Con ayuda de una cámara microscópica (DinoCapture2.0) se lograron identificar los tipos de hongos presentes en las semillas.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos se realizó el análisis estadístico (ANVA) en el paquete estadístico R versión 3.2.5. Se llevó a cabo una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, para todas aquellas variables que resultaron significativas

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de tres factores (A: ambiente, B: contenedores, C: muestreo).

Diseño experimental

Se utilizará un diseño completamente al azar con arreglo factorial.

- Factor A: ambiente
- Factor B: contenedores
- Factor C: muestreo

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijkl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Observación de la unidad experimental.

μ : Media general de la variable observada.

A_i : Efecto de tratamientos.

B_i : Efecto de calibres.

C_j : Efecto de ambientes.

$(AB)_{ij}$ Interacción entre tratamientos y contenedores

$(AC)_{jk}$ Interacción entre tratamientos y muestreos

$(BC)_{jk}$ Interacción entre calibres y muestreos

$(ABC)_{ijkl}$ Interacción entre tratamientos, calibres y muestreos

ϵ_{ij} : Error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos fueron analizados en el lenguaje y ambiente estadístico R (R-core team 2023) se llevó a cabo una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, para todas aquellas variables que resulten significativas, los datos estadísticos se presentan en el Cuadro 4.1.

En el Cuadro 4.1 se observa el resultado del análisis de varianza de las variables evaluadas, se observa que para la fuente de variación ambiente (Amb) resultó altamente significativo para las variables plántulas anormales (PA), semillas duras (SD) e incidencia de hongos (IH); para las variables contenido de humedad (CH), semillas germinadas (SG), plántulas normales (PN) y semillas muertas (SM) resultó no significativo. Respecto a la Fuente de variación contenedor (Cont) resulto altamente significativo para la variable CH, y no significativo para las variables SG, PN, PA, SM, SD y IH. Para la FV Muestreo resulto altamente significativo para las variables CH, SG, PN, PA, SM, SD y IH. La FV muestreo*Contenedores no resulto significancia para todas las variables. Para la FV Ambientes*Muestreo resulto altamente significativo para las variables PN, PA, SM y SD; y NS para las variables CH, SG y IH. Para la FV Contenedores*Muestreo resulto NS para todas las variables. Para la FV Ambientes*Contenedores*Muestreo resulto significancia en las variables PN, PA y IH; y NS para las variables CH, SG, SM y SD.

Cuadro 4.1. Comparación de Medias de las variables evaluadas en el laboratorio

F.V.	CH	SG	PN	PA	SM	SD	IH
Ambiente	0.82 NS	10.8NS	154.7NS	122.23**	0.92 NS	0.1379 **	7.008 **
Contenedor	16.42 **	40.8 NS	340 NS	3.33 NS	3.01 NS	0.00009 NS	0.008 NS
Muestreo	53.11 **	539.0**	350.1 *	75.26 **	33.72**	0.14533 **	3.304 *
Amb*Cont	1.41 NS	22.5 NS	371.6 NS	30.23 NS	1.86 NS	0.00053 NS	2.858 NS
Amb*Mues	1.52 NS	23.2 NS	287.6 *	33.65 **	7.06 **	0.16267 **	0.748 NS
Cont*Mues	3.82 NS	29.9 NS	279.8 NS	5.69 NS	5.09 NS	0.003 NS	0.904 NS
Amb*Cont*Mues	1.34 NS	15.6 NS	311.1 *	32.78 *	1.54 NS	0.0034 NS	3.035 *

**Altamente significativo ($\alpha=0.01$) *Significativo ($\alpha=0.05$) NS No significativo. (F.V.) Fuentes de Variación, (CH) Contenido de Humedad, (SG) Semillas Germinadas, (PN) Plántulas Normales, (PA) Plántulas Anormales, (SM) Semillas Muertas, (SD) Semillas Duras e (IH) Incidencia de Hongos.

Cuadro 4.2. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto del ambiente sobre PA, SD y IH.

Ambiente	PA	SD	IH
60%HR y 5 - 10°C	4.90 b	0 b	1.350 a
75%HR y 15°C	5.05 b	0 b	1.350 a
55% HR y 7°C	8.00 a	0.1025 a	0.625 b

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. (PA) Plántulas Anormales, (SD) Semillas Duras e (IH) Incidencia de Hongos.

En el Cuadro 4.2 se muestra que la fuente de variación ambiente los valores más altos se obtuvieron en el ambiente de 55% de HR y 7°C para PA y SD con 8.0 y 0.10 % respectivamente, En el caso de IH el resultado más alto se encontró en el ambiente de 60% de HR y de 5 a 10°C ; de acuerdo a un artículo publicado por Bartosik *et al.*, (2016), observaron que la temperatura no es un factor estrictamente limitante para el desarrollo de hongos, ya que su rango de desarrollo es muy amplio e inclusive logran hacerlo a temperaturas por debajo de los 0°C (aunque a bajas temperaturas el desarrollo de hongos es mucho más lento). Así mismo Delineile *et al.*, (2011) encontró que los porcentajes de semillas con hongos de campo, en algunos genotipos tuvieron una disminución después

del almacenamiento; a diferencia de los hongos de almacenamiento (*Aspergillus* spp., *Penicillium* sp. y *Rhizopus* sp.) que tuvieron una alta incidencia en semillas de todos los genotipos. La explicación se debe a que los hongos de campo, al invadir las semillas mientras están en el campo, requieren una humedad relativa de alrededor del 90-95 % para su crecimiento, y que el tiempo de supervivencia de estos hongos en las semillas está directamente relacionado con las condiciones ambientales. Los hongos de almacenamiento, a su vez, son capaces de sobrevivir en un ambiente con baja humedad, proliferando sucesivamente a los hongos de campo y causando el deterioro de las semillas.

Cuadro 4.3. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto del Contenedor sobre CH.

Contenedor	CH
1 Delgado	5.4262 a
2 Grueso	4.6862 b

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. (CH) Contenido de Humedad.

En el Cuadro 4.3 se muestra que la fuente de variación Contenedor, el valor más alto se obtuvo en el contenedor delgado con un CH de 5.42 %, las características de este contenedor son ESPECIERO PET 650 ML NATURAKR-63 86 X151, de acuerdo a un artículo publicado por Rahman *et al.*, (2008) comprobó que, al utilizar tres tipos de contenedores, es decir, contenedores de hojalata, bolsas de polietileno y bolsas de tela para conservar las semillas. Las semillas conservadas en estos contenedores tenían diferente capacidad de restricción de humedad. El contenido de humedad de las semillas es un factor importante que afecta la calidad de las semillas.

En un trabajo realizado por Rahman *et al.*, (2008) encontraron que el contenido de humedad inicial de las semillas en contenedores de hojalata, bolsas de polietileno y bolsas de tela fue de 9,40, 9,25 y 9,70%, pero aumentó mientras se incrementa el tiempo de almacenamiento. Al final de los 2 meses, el contenido de humedad de las semillas de chile aumentó a 12,30, 12,10 y 12,83%. La tasa de incremento fue mayor en las semillas de bolsas de tela. Se observó un aumento significativo de la humedad solo a los 45 días después del almacenamiento. Como la semilla es un material vivo altamente higroscópico, absorbe la humedad del aire si se almacena en un entorno donde la humedad relativa es mayor que el contenido de humedad de la semilla. La tasa de absorción fue mayor en la bolsa de tela porque la bolsa de tela no es un contenedor hermético, pero la hojalata y la bolsa de polietileno son a prueba de humedad, por lo que la tasa de aumento fue menor en la bolsa de polietileno hermética.

De acuerdo con Aramendiz *et al.*, (2007) observo que a partir de los 150 y hasta los 330 días se registró un comportamiento diferencial, ello demuestra que, tanto las condiciones ambientales, como el tipo de empaque afectan la germinación en ese período de almacenamiento. Esto corrobora que el entorno de almacenamiento juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad de semilla.

El almacenamiento refrigerado resultó mejor que el realizado bajo condiciones ambientales naturales, ya que las semillas sometidas a 5,5°C y 70% HR, empacadas bien sea en recipientes plásticos o en sobres de aluminio,

mantuvieron sus porcentajes de germinación/días estables (95,16% y 94%, respectivamente) con respecto a la lectura inicial que fue de 94,8% (Aramendiz *et al*, 2007).

Según Hasan *et al*, (2024) las semillas almacenadas en contenedores de plástico demuestran un porcentaje de germinación significativamente mayor en comparación con las almacenadas en bolsas de tela, independientemente de la duración del almacenamiento.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto del Muestreo sobre CH, SG, PA, SM, SD.

Muestreo		CH	SG	PA	SM	SD
0 días	1	7.6586 a	88.0000 b	3.5000 b	0 b	0 b
30 días	2	4.3386 b	97.0000 a	8.5000 a	2.9166 a	0.1739 a
60 días	3	4.1582 b	97.5833 a	5.8333 ab	0.4166 b	0 b
90 días	4	4.9313 b	98.8750 a	5.9583 ab	1.0833 b	0 b
120 días	5	4.1945 b	99.7916 a	6.1250 ab	0.2083 b	0 b

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. (CH) Contenido de Humedad, (SG) Semillas Germinadas, (PA) Plántulas Anormales, (SM) Semillas Muertas e (SD) Semillas Duras.

En el Cuadro 4.4 se muestra que la fuente de variación Muestreo, los valores más altos para CH se obtuvo en el muestreo de cero días con 7.65 %, para SG los valores más altos se obtuvieron en el muestreo de 30, 60, 90 y 120 días con 97.00, 97.58, 98.87, 99.79%; para PA el valor más alto se obtuvo en el muestreo a 30 días con 8.50%; para SM el valor más alto fue en el muestreo a 30 días con 2.91 %; para SD el valor más alto se obtuvo a los 30 días de almacenamiento. Delineile *et al*, (2011) menciona que el proceso de deterioro, que ocurre en

granos almacenados a largo plazo, puede ir acompañado de un aumento de ácidos grasos, constituyendo rancidez. Esto se refleja en el girasol, que en consecuencia puede tener su aceite inadecuado para el consumo humano.

El almacenamiento afectó la germinación de las semillas de girasol, probablemente debido a las fluctuaciones de temperatura y humedad inherentes al almacenamiento prolongado, que, cuando superan los 12 meses, favorecen una aceleración en el grado de deterioro de las semillas, una vez que el adormecimiento. La ocurrencia de estas oscilaciones es confirmada por el aumento en el contenido de agua de las semillas verificado después del almacenamiento (de 16 a 18%), provocando tal daño a la calidad de las semillas (Delineile *et al*, 2011).

Aramendiz *et al*, (2007) observaron que durante los primeros 120 días de almacenamiento no se encuentran diferencias en la calidad fisiológica de la semilla para la variable 'porcentaje de germinación', lo que sugiere que, en el corto plazo, la temperatura o el tipo de empaque estudiados no causa deterioro en la calidad de la semilla. Sin embargo, a partir de los 150 y hasta los 330 días se registró un comportamiento diferencial de los tratamientos, ya que éstos acusaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$): ello demuestra que, tanto las condiciones ambientales, como el tipo de empaque afectan la germinación en ese período de almacenamiento. Esto corrobora que el entorno de almacenamiento juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad de semilla.

Según Abreu *et al*, (2012) el almacenamiento en condiciones de cámara fría con relación al almacenamiento convencional ha proporcionado una mejor conservación de la calidad fisiológica de las semillas de girasol.

Cuadro 4.5. Comparación de medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto Amb*Mues sobre PA, SM y SD.

Amb	Muestreo	PA	SM	SD
60% HR 5-10°C	0 días	3.500 bc	0 b	0 b
	30	6.750 abc	4.750 a	0 b
	60	2.250 c	0 b	0 b
	90	6.875 abc	0.375 b	0 b
	120	5.125 bc	0 b	0 b
75% HR 15°C	0	3.500 bc	0 b	0 b
	30	6.000 bc	2.000 b	0 b
	60	6.750 abc	0 b	0 b
	90	4.875 bc	1.750 b	0 b
	120	4.125 bc	0 b	0 b
55%HR 7°C	0	3.500 bc	0 b	0 b
	30	12.750 a	2.000 b	0.5714 a
	60	8.500 abc	1.250 b	0 b
	90	6.125 bc	1.125 b	0 b
	120 días	9.125 ab	0.625 b	0 b

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. (Amb) Ambiente, (Mues) Muestreo, (PA) Plántulas Anormales, (SM) Semillas Muertas e (SD) Semillas Duras.

En el Cuadro 4.5. se muestra que en la interacción de Ambiente y Muestreo para la variable PA se presentó el mayor valor en el ambiente de 55% de HR y 7°C y a los 30 días de almacenamiento con 12.75% y con menor valor en el ambiente de 60% de HR y 5 -10°C y 90 días; para la variable SM el valor más alto se obtuvo

en ambiente de 60% de HR y 60 días de almacenamiento con 4.75 %: para la variable SD el valor más alto se obtuvo en ambiente de 55% de HR y 7°C con 30 días de almacenamiento con 0.57 %. De acuerdo a Aker *et al.*, (2014) observaron que las plántulas anormales y el número de semillas muertas aumentan con el aumento del período de almacenamiento.

La temperatura de almacenamiento tiene más influencia en la calidad fisiológica de las semillas que el tipo de envase (Ma'sumah *et al*, 2024).

Esto ocurre debido a que las semillas higroscópicas tienen la capacidad de absorber o liberar humedad según las condiciones del entorno en el que se encuentren. Su contenido de humedad se estabiliza cuando permanecen expuestas a un ambiente específico durante un tiempo determinado, alcanzando así lo que se conoce como humedad de equilibrio.

CONCLUSIONES

Los tres ambientes se pueden considerar buenos para el almacenamiento de Girasol (*Helianthus annuus* L.), ya que no hubo pérdida de germinación durante el almacenamiento de semillas.

El ambiente que presentó menor incidencia de hongos fue el cuarto frío del Programa de Recursos fitogenéticos de la UAAAN, en donde las condiciones de almacenamiento fueron 55 % HR y 7 °C.

El contenedor de calibre menor (delgado) presentó intercambio de humedad relativa al manifestar mayor humedad en la semilla durante el almacenamiento.

Bajo los tres ambientes de almacenamiento y los dos tipos de contenedores se pueden sugerir para almacenamiento a mediano plazo.

LITERATURA CITADA

- Abreu, L. Carvalho, M. Pinto, C. Kataoka, V. & Silva, T. (2012). Deterioration of sunflower seeds during storage. *Journal of Seed Science*. 35. 240-247. 10.1590/S2317-15372013000200015.
- Agricultura. El cultivo del girasol. (s. f.). <https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/girasol.htm>
- Akter, N. Haque, Md. Islam, Md, Alam, K. (2014). Seed Quality of Stored Soybean (*Glycine max* L.) as Influenced by Storage Containers and Storage Periods. *The Agriculturists*. 12. 85-95. 10.3329/agric.v12i1.19585.
- Aramendiz Tatis, H. Cardona, C. Jarma, A. Robles, J. Montalván, R. (2007). Efectos del almacenamiento en la calidad fisiológica de la semilla de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Agronomía Colombiana*. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia, vol. 25, núm. 1, enero-junio, pp. 104-112
- Ávila Meleán Jesús. 2009. Manual para el Cultivo de Girasol. Instituto de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Portuguesa. Araure, Venezuela. Pub B-20
- Bartosik, R. (2015). Almacenamiento y Acondicionamiento de Girasol. [Archivo PDF]. Recuperado de <https://www.asagir.org.ar>
- Cerero Hernandez, N. (31 de agosto de 2008). Girasol, situación actual mundial y nacional. https://www.oleaginosas.org/art_237.shtml
- Dhingra, O. O. 1985. Prejuicios causados por microorganismos o almacenamiento de semillas. *Revista Brasileira de Sementes*, v 7. P 139-146
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. 31(1):74-85.
- Estrada Urbina, J., (2022). Calidad física y fisiológica en semillas de maíz raza pepitilla de la montaña baja de Guerrero. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 141 p
- FAO y Africa Seeds. 2019. Materiales para capacitación en semillas- Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma, Italia.
- Fernández, E. Q., Pérez, R. A., & Valdés, G. R. (2007). Métodos y tiempo de conservación de aquenios de girasol para semilla. *Centro Agrícola*, 34(3), 17-20. <https://biblat.unam.mx/es/revista/centro-agricola/articulo/metodos-y-tiempo-de-conservacion-de-aquenios-de-girasol-para-semilla>

- Gruposacsa. (2015). Almacenamiento de granos | Grupo SACSA. <https://www.gruposacsa.com.mx/la-humedad-en-el-almacenamiento-de-granos/>
- Hasan, M. Tasnime, N. Hemel, S. & Mahmud, A. (2024). Evaluating The Impact Of Storage Duration And Storage Containers On Seed Quality And Viability Of *Raphanus Sativus*. *Reviews In Food And Agriculture*. 5. 40-46. 10.26480/rfna.01.2024.27.35.
- Hernández, G. A., Carballo, C. A. (2016). Almacenamiento y conservación de granos y semillas.
- INTAGRI. 2016. La calidad de la semilla de cultivos hortícolas. Disponible en la página: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-calidad-de-la-semilla-en-cultivos-horticolos>. Consultada el 15 de Octubre de 2024
- Ávila Miramontes, J., Ávila Salazar, J., Rivas Santoyo, F., Martínez Heredia, D., (2014). *EL CULTIVO DE GIRASOL*. Universidad de Sonora. Sonora, México. 61 p
- INTAGRI. 2021. Cultivo de Girasol en México. Serie Cereales, Núm. 49. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Ma'sumah, M. Moeldjani, I. & Sutini, Sutini. (2024). Study of Types of Packaging Materials and Storage Temperature on The Quality of Soybean Seeds (*Glycine max* L. Merrill). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. 13. 1160. 10.23960/jtep-l.v13i4.1160-1170.
- Ortiz Mejiaz, L. (2010). Cultivo de Girasol (*Helianthus annuus* L.). [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/7636>
- Pereira Gomes, D. (01 a 04/12/2021). *Influencia del almacenamiento en las cualidades sanitarias y fisiológicas de las semillas de girasol [Comunicación en Congreso]*. Congresso Online Internacional de Sementes Crioulas e Agrobiodiversidade. Brasil
- Rahman, Prof. Dr. Md. Mustafizur & Masud, M. (2008). Effect of storage containers environment at different storage period on the quality of chili seed. *Int J Sustain Crop Prod*. 4.
- Ruiz Ramírez, T., Villalba Gonzales, M., Vera De Silverio, C., (2010). Análisis de producción del girasol (*Helianthus annuus* L.) y subproductos en el distrito de Yby Yaú, Departamento de Concepción. [Trabajo de fin de curso,

Universidad Nacional de Asunción]
<https://anaisonline.uems.br/index.php/ecaeco/article/download/2573/2746>

SAGARPA, 2017. Ficha Técnica. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION. Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Disponible en: <https://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/Almacenamiento-de-semillas.pdf>

Tamborelli, M. R., (2021). Importancia del control de calidad de semillas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. Hoja informativa No 23

Terenti, O., (2004). Calidad de semilla, qué implica y cómo evaluarla. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Informativo rural 1(2)

Tonín, GA; Pérez, SCJGA Calidad fisiológica de semillas de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) después de diferentes condiciones de almacenamiento y siembra. Revista Brasileña de Semillas, v.28, n.2, p.26-33, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200004>

William, R. L. (1991). Almacenamiento de la semilla. En Guía para la manipulación de semillas forestales: con especial referencia a los trópicos. Pp 165-183. Italia. FAO