

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Deterioro en Semillas de Samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.
Asparagaceae)

Por:

JOEL PÁJARO LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Deterioro en Semillas de Samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.
Asparagaceae)

Por:

JOEL PÁJARO LÓPEZ

TESIS

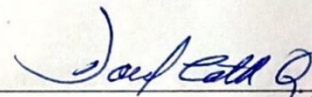
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



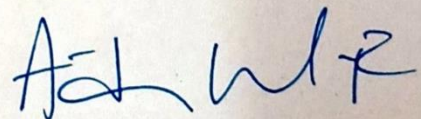
Dra. Adriana Antonio Bautista
Asesor Principal Interno



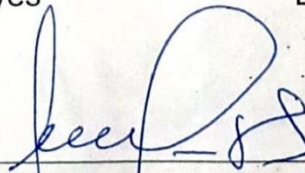
Dr. David Castillo Quiroz
Asesor Principal Externo



Dr. Francisco Castillo Reyes
Coasesor



Dra. Aida Isabel Leal Robles
Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

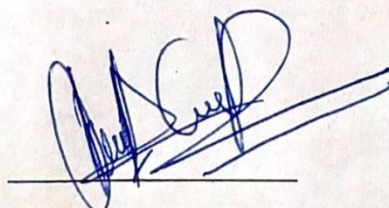
Derechos de Autor y Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); 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 usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Pasante

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Joel Pájaro López', written over a horizontal line.

Joel Pájaro López

DEDICATORIA

A mi padre el **Sr. Antonio Pájaro Nieves** por todos los consejos que me ha dado para ser una mejor persona cada día, por todo el apoyo de manera incondicional sin importar la situación y su aliento para seguir superándome profesionalmente de la mejor manera, por guiarme por el camino correcto y sintiéndose orgulloso de su hijo.

A mi madre la **Sra. Rosa López Amado** quien a pesar de las adversidades que le ha puesto la vida siempre trata de dar lo mejor, quien se esforzó tantos años por cuidarme y darme todo el amor, por ser uno de los pilares más formidables en mi vida y siempre procurar mi bienestar

A mis hermanos **Humberto Pájaro L., Alejandro Pájaro L., Nancy Pájaro L., Isabel Pájaro L., Antonio Pájaro L., mis cuñados y sobrinos**, quienes me han acompañado en mis buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas y permitir culminar esta etapa de mi vida.

A la **Dra. Adriana Antonio Bautista** Profesora-Investigadora del Laboratorio de Tecnología de Semillas del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por aceptarme en el Proyecto de Investigación Deterioro en semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.).

Al **Dr. David Castillo Quiroz** Investigador del Campo Experimental Saltillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Al **Dr. Francisco Castillo Reyes** Investigador del Campo Experimental Saltillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

A la **Dra. Aida Isabel Leal Robles** Profesora-Investigadora del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el apoyo y comprensión.

A mis padres por todo el apoyo y confianza incondicional durante esta gran etapa de mi vida que siempre me mantuvieron de pie y por desearme lo mejor.

A mis hermanos por formar parte de mi formación como persona y el apoyo de cada uno de ellos en todo momento.

A mis amigos Luciano de la Cruz, Eymar Tovar, Juana Pedro, Ana Rosa Montoya, Abigail Arvizu, Francisco Vega y Raymundo Cuevas que me han apoyado en todo momento en mi formación académica y como persona, pasando buenos y malos momento, pero siempre adelante.

A mis tíos que me han apoyado en todo momento con sus consejos y alientos para poder superarme cada vez más.

ÍNDICE

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1 Generales.....	3
1.1.2 Específicos	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades de las zonas áridas y semiáridas.....	4
2.2 Generalidades de las plantas de las zonas áridas y semiáridas	5
2.3 Descripción botánica de <i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.	6
2.3.1 Taxonomía	6
2.3.2 Morfología	7
2.4 Distribución y ecología de <i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel	7
2.5 Importancia económica de <i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel	8
2.6 Importancia ecológica y ornamental de <i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel	10
2.7 Germinación, latencia y vigor de semillas.....	10
2.8 Calidad de la semilla.....	12
2.9 Criterios para el almacenamiento de las semillas.....	13
3. Deterioro de las semillas	14
3.1 Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Área de estudio.....	19
3.2 Metodología	19
3.2.1 Colecta de semillas	19
3.2.2 Descripción morfométrica de las semillas.....	20
3.2.3 Prueba de envejecimiento acelerado.....	20
3.2.4 Tratamientos pregerminativos	20

3.2.5 Siembra de semillas	21
3.2.6 Evaluación de la germinación de las semillas	21
3.2.7 Variables morfométricas de las semillas.....	22
3.2.8 Variables de las semillas evaluadas	22
3.3 Análisis estadístico de la información	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Características físicas de la semilla de samandoque (<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.)	25
4.2 Evaluación del efecto del envejecimiento acelerado en cuanto a la calidad de la semilla de samandoque (<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.) y su germinación	26
V. CONCLUSIONES.....	31
VI. LITERATURA CITADA	32
VII. ANEXO I	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de samandoque (<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.).....	20
Cuadro 2. Variables consideradas para la germinación de samandoque <i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.....	22
Cuadro 3. Comparación de medias del ancho, largo, espesor y peso de la semilla de samandoque <i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel. Prueba Kuskal Wallis.	25
Cuadro 4. Cuadros medios del Análisis de Varianza y su significancia de las variables evaluadas para tratamiento y tiempo.....	27
Cuadro 5. Comparación de medias de las diferentes variables evaluadas para los tratamientos	28
Cuadro 6. Comparación de medias de las diferentes variables evaluadas de acuerdo a los tratamientos utilizados	29
Cuadro 7. Interacción de los tratamientos y tiempo aplicado a las semillas de samandoque (<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.).....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de los resultados de la interacción tratamiento-tiempo.	30
---	----

RESUMEN

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel.) es una especie de la familia Asparagaceae, se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y se extiende a San Luis Potosí y Texas. El objetivo fue evaluar el potencial de almacenamiento de semillas de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. mediante el envejecimiento acelerado. Se utilizaron semillas recolectadas en el Campo Experimental Saltillo INIFAP. Las semillas se limpiaron para eliminar los restos del fruto y se colocaron en bolsas con 50 semillas. Se realizó una evaluación morfométrica para catalogar las semillas en diferentes tamaños. Para la evaluación del deterioro se llevó a cabo mediante la prueba de envejecimiento acelerado, para lo cual se hicieron pequeños sacos de manta de cielo con 100 semillas la cual fue sellada y se suspendieron con ayuda de gomas elásticas sin tocar el agua en frascos de vidrio los cuales se llenaron con 100 mL de agua de grifo, se cubrieron con bolsas de plástico y gomas elásticas, y se colocaron en una estufa a una temperatura de 45 °C. Se evaluaron 4 tiempos de exposición con cinco recipientes de 100 semillas cada uno a 0 h, 24 h, 48 h y 72 h. Se realizaron cinco tratamientos pre-germinativos: 1.- Peróxido de hidrogeno (Agua oxigenada), 2.- Solución a una proporción de 0.1 g/500 mL de agua, para 100 mL de agua de preparación se utilizó 0.02 g de Biogib®, 3.- Solución en una relación de 10 mL *Bacillus* spp por Litro de agua. 4.- Solución en una relación 10 mL de *Trichoderma* spp. por Litro de agua. 5.- Testigo (agua de grifo). En el caso del tiempo de 0 h se aplicaron las soluciones en los frascos con 100 semillas cada uno, hasta cubrir las semillas y se dejó por 24 horas. Se sembraron en papel tipo anchor humedecidos con agua destilada en los cuales se colocaron 25 semillas, se situaron en una bolsa de plástico y fueron llevados a una cámara bioclimática, el mismo procedimiento se realizó con los diferentes tiempos y sus respectivos tratamientos. La evaluación se realizó a partir del día siete después de la siembra, el conteo de las semillas germinadas se realizó durante los 13 días. Esto se realizó con todos los tratamientos y se registraron plantas normales, plantas anormales, semillas duras, semillas muertas y semillas vacías (se retiraron de los “tacos”) y se contabilizaron cada 24 horas. De igual forma se

tomaron 5 semillas germinadas de cada uno de los “tacos” de todos los tiempos y de cada tratamiento pregerminativo y se midió la plúmula y la radícula para poder evaluar la Longitud media de radícula (LMR), longitud media de plúmula (LMP). Para el análisis morfométrico se realizó una prueba de Kuskal Wallis ($p < 0.05$) con el programa estadístico INFOSTAT y para el análisis fisiológico se realizó un ANOVA con el programa estadístico R. En el análisis morfométrico aplicado a las semillas de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. no se presentan diferencias significativas, por lo cual se concluye que se trata de una misma población, donde la variación de las variables evaluadas es escasa. El mayor porcentaje de semillas germinadas se presentó en el testigo, lo que indica que estas tienen una elevada viabilidad y un alto porcentaje de germinación. La prueba de envejecimiento acelerado es un buen indicador de la calidad fisiológica de la semilla y es referente para considerar las condiciones de almacenamiento.

Palabras clave: calidad de semilla, envejecimiento acelerado, tratamientos pre-germinativos

ABSTRACT

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel.) is a species of the Asparagaceae family, distributed in the states of Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas and extends to San Luis Potosí and Texas. The objective was to evaluate the storage potential of *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel seeds. through accelerated ageing. Seeds collected in the Saltillo INIFAP Experimental Field were used. The seeds were cleaned to eliminate the remains of the fruit and placed in bags with 50 seeds. A morphometric evaluation was carried out to catalog the seeds in different sizes. For the evaluation of the deterioration, it was carried out by means of the accelerated aging test, for which small bags of sky blanket were made with 100 seeds, which were sealed and suspended with the help of elastic bands without touching the water in glass bowl. which were filled with 100 mL of tap water, covered with plastic bags and rubber bands, and placed in an oven at a temperature of 45 °C. Four exposure times were evaluated with five containers of 100 seeds each at 0 h, 24 h, 48 h and 72 h. Five pre-germination treatments were carried out: 1.- Hydrogen peroxide (Oxygenated water), 2.- Solution at a ratio of 0.1 g/500 mL of water, for 100 mL of preparation water, 0.02 g of Biogib® was used, 3.- Solution in a ratio of 10 mL *Bacillus* spp per liter of water. 4.- Solution in a 10 mL ratio of *Trichoderma* spp. per liter of water. 5.- Control (tap water). In the case of 0 h time, the solutions were applied in the flasks with 100 seeds each, until the seeds were covered and left for 24 hours. They were sown in anchor-type paper moistened with distilled water in which 25 seeds were placed, placed in a plastic bag and taken to a bioclimatic chamber, the same procedure was carried out with the different times and their respective treatments. The evaluation was carried out from day seven after sowing, the count of germinated seeds was carried out during the 13 days. This was done with all treatments and normal plants, abnormal plants, hard seeds, dead seeds and empty seeds were recorded (removed from the "blocks") and counted every 24 hours. In the same way, 5 germinated seeds were taken from each of the "tacos" of all times and of each pre-germination treatment and the plumule and radicle were measured to be able to evaluate the average radicle length (LMR), average plumule length (LMP). For the morphometric analysis,

a Kuskal Wallis test ($p < 0.05$) was performed with the statistical program INFOSTAT and for the physiological analysis, an ANOVA was performed with the statistical program R. In the morphometric analysis applied to the seeds of *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. there are no significant differences, so it is concluded that it is the same population, where the variation of the variables evaluated is low. The highest percentage of germinated seeds occurred in the control, which indicates that these have a high viability and a high percentage of germination. The accelerated aging test is a good indicator of the physiological quality of the seed and is a reference to consider storage conditions.

Key words: accelerated ageing, pre-germination treatments, seed quality.

I. INTRODUCCIÓN

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel. es una planta nativa que se distribuye dentro del Desierto Chihuahuense en el norte de México en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí y al sur de Texas en Estados Unidos de América. Esta especie se caracteriza por sus hojas grandes, rígidamente erectas y gruesas, de 3 a 6 cm de ancho cerca de la base y hasta 2 m de largo. Forma una roseta más abierta con menos hojas más rectas. Las hojas nuevas emergen de la yema central en un ángulo vertical. A medida que las hojas envejecen, se desplazan a una posición más horizontal en la parte inferior del dosel. El alto ángulo de la hoja es una adaptación a ambientes áridos. Las hojas verticales se encuentran en muchas especies en hábitats secos y ayudan a reducir la transpiración al reducir la intercepción de la radiación solar desde ángulos solares elevados (Ehleringer y Werk, 1986).

Las fibras largas y delgadas presentes en las hojas de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel., se obtiene una pulpa que tiene propiedades excepcionales de resistencia y se ha utilizado en la producción de papel. En las hojas de esta especie se han identificado células largas y delgadas de fibra con valor potencial en la fabricación de papel, aunque hasta la fecha no existen estudios sobre las propiedades técnicas de resistencia del papel obtenido de esta especie (McLaughlin, 2000).

Las semillas se consideran fisiológicamente maduras cuando alcanzan el máximo peso seco, lo cual coincide con la mayor germinación y vigor. A partir de este momento se inicia un proceso de deterioro en la calidad de la semilla (Pukacka *et al.*, 2009). Estos cambios pueden ser causados por factores físicos naturales, fisiológicos y bioquímicos que se caracterizan por reducción de la capacidad de germinación (Spinola *et al.*, 2000).

El deterioro de la semilla es irreversible y su velocidad se puede controlar con técnicas adecuadas de recolección, secado y almacenamiento. Factores como

altas temperaturas y la humedad influyen en el avance del deterioro durante su almacenamiento (Pukacka *et al.*, 2009).

Los tratamientos pregerminativos aplicados en semillas de especies forestales permiten incrementar la producción en vivero, disminuyen el tiempo y costos de producción, además de obtener plántulas mejor adaptadas al trasplante en campo (Balaguera *et al.*, 2010). Entre los tratamientos pre-germinativos, destacan dos métodos: la imbibición en agua y la estratificación, estos contribuyen a mejorar el porcentaje de germinación y han sido probados en distintas especies agrícolas y forestales (Sánchez *et al.*, 2001; Doria, 2010; Ramírez *et al.*, 2016).

Por lo anterior es necesario establecer acciones de conservación *ex situ* de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.). Para realizar la conservación *ex situ* e *in situ* de esta especie, considerando la permanencia continua de las poblaciones en su hábitat (Loo, 2011). Para la conservación de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel., es esencial conocer la morfología de la semilla, la calidad fisiológica, así como su potencial de almacenamiento con el fin de asegurar germoplasma de especies con características de importancia, económica y ecológica.

1.1 Objetivos

1.1.1 Generales

Evaluar el potencial de almacenamiento de semillas de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. mediante el envejecimiento acelerado.

1.1.2 Específicos

- Mediante la calidad fisiológica evaluar el potencial de almacenamiento de semillas *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. con tratamientos pre-germinativos.
- Evaluación de cinco tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas.
- Determinar el índice de velocidad de germinación y tasa de germinación de las semillas.

1.2 Hipótesis

H1: El envejecimiento acelerado afecta la calidad fisiológica de la semilla de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel).

H2: Los tratamientos pre-germinativos aplicados a semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.) favorecen el porcentaje y velocidad de germinación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de las zonas áridas y semiáridas

Las zonas áridas y semiáridas en el ámbito mundial ocupan un 40% de la superficie, que corresponde a un 33.7 millones de km². En México comprende una superficie de cercana a los 2 millones km² que corresponden entre 50-60% del territorio nacional (Valiente, 1996; Sánchez y Granados, 2003). Estas áreas destacan por su inestabilidad en el clima y condiciones extremas (altas temperatura y baja precipitación). Según Tarango (2005), alude que las zonas áridas son aquellas regiones que reciben una precipitación por debajo de 350 mm, y para el caso de semiáridas reciben entre 350 y 600 mm anuales. En cambio, para González-Medrano (2012) considera a una zona árida cuando recibe menos de 100 mm y una zona semiárida recibe alrededor de 400 mm, otra de las características es que presentan temperaturas extremas que oscilan entre 43 a 50 °C y en invierno temperaturas hasta de -12 °C, con suelos pobres en nutrientes.

Bajo este entorno, de escasas y erráticas precipitaciones y temperaturas extremas, la pérdida de agua se acentúa por evapotranspiración, es decir, la precipitación en este tipo de ecosistemas es menor a la evaporación potencial máxima anual. En este escenario adverso, la vegetación se ve limitada principalmente por la disponibilidad de agua en el suelo para llevar a cabo sus funciones esenciales para el crecimiento y desarrollo; por lo que, las comunidades vegetales requieren de buscar mecanismos o estrategias de adaptación morfológicas y fisiológicas que les permitan tolerar el déficit de los recursos bióticos y de esa forma sobrevivir a condiciones adversas bajo este ambiente (Roper, 2021; Flores-Ortiz, 2016). La flora de zonas áridas y semiáridas tienen formas de vida biológicas diversas que tienen una diferenciación y una caracterización en particular de gran importancia, ya que sus estrategias adaptativas al ambiente son diferentes al resto de las especies, sin embargo, algunas no tienen este valor adaptativo y a esto se refiere que son indicadoras de las diferentes condiciones ambientales donde se han desarrollado (González-Medrano, 2012).

2.2 Generalidades de las plantas de las zonas áridas y semiáridas

Las zonas áridas y semiáridas poseen una gran diversidad de especies desde el punto de vista económico, ornamental y social destacan las familias Asparagaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae, Verbenaceae entre otras, que son propias de ecosistemas áridos y son las más representativas del territorio. Estas áreas se ubican dentro del matorral xerófilo (Rzedowski, 2006) inmersas dentro del Desierto Chihuahuense; este tipo de formación vegetal es la de mayor distribución en México, la cual cubre una superficie de 28.8% de la superficie total del país (CONAFOR, 2018).

En los ecosistemas desérticos de nuestro país habitan 33.6 millones de personas, alrededor del 40% de la población del país, donde el 18.1% radica en poblaciones rurales, que corresponden a más de 5 millones de habitantes, integrados principalmente por ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios, que están caracterizados por una pobreza extrema y de alta marginación (Villavicencio *et al.*, 2021; INEGI, 2020).

Dentro de las actividades productivas que realizan de los pobladores del área rural de las zonas áridas y semiáridas del noreste de México destacan la práctica de la ganadería de tipo extensivo (bovinos y caprinos), y la apertura de la frontera agrícola para la siembra de cultivos básicos, que se caracterizan por ser improductivos debido a la inestabilidad en el clima, que finalmente son abandonadas. Otra actividad importante es el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, donde destacan por su orden de importancia la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), orégano (*Lippia graveolens* HBK.), cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) entre otros (Villavicencio *et al.*, 2021; Castillo *et al.*, 2015). El aprovechamiento y la comercialización de los recursos forestales no maderables han representado por generaciones una alternativa de subsistencia, importante en la economía de la población del área rural (García-Mendoza, 2007; Jiménez-Sierra, 2011).

2.3 Descripción botánica de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel

2.3.1 Taxonomía

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel., pertenece a la familia Asparagaceae. *H. funifera* fue descrita en 1902 por Trelease, este nombre es el nombre aceptado de una especie del género *Hesperaloe* (familia Asparagaceae). El registro deriva del World Checklist of Selected Plant Families (WCSP) que lo informa como un nombre aceptado (registro 277921) con detalles de publicación originales: Rep. (Annual) Missouri Bot. Gard. 13: 36 1902.

Clasificación tomada de Tropicos, 2022

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Super-orden	Lilianae
Orden	Asparagales
Familia	Asparagaceae
Género	<i>Hesperaloe</i> Engelm.
Especie	<i>Hesperaloe funifera</i> (K. Koch) Trel.

Nombre común en español: Samandoque

Nombre en inglés: Giant hesperaloe, Mexican false *Yucca*,

Los sinónimos científicos de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. según (Plant List, 2013) son:

Agave funifera (K. Koch) Lem. Fuente: WCSO

Hesperaloe davayi Baker f. Fuente: WCSO

Yucca funifera K. Koch. Fuente: WCSO

2.3.2 Morfología

El nombre *Hesperaloe* proviene del griego Hesperos (estrella vespertina) en tanto la segunda parte, Aloe es por su semejanza a su forma parcial con género Aloe (Hochstätter, 2022)

Es una planta nativa perenne, de tallo cespitoso, que se producen en una roseta basal formando grupos de hasta 1.5 de diámetro. Rizomas cortos. Hojas rígidas, erectas, de color verde claro o amarillo verdoso, canaliculado, linear-lanceolado o lanceolado, 1-2 m de largo y 3-4 cm de ancho (cuando esta aplanado, desde la base hasta el medio, márgenes grises, flojamente enrollados, con espina apical. Inflorescencia de 2 a 4 m de largo, paniculada, generalmente ramificada en la mitad superior. Flores rotuladas-campanuladas, blancas a verde con rayas verdes de color marrón a morado, 15-20 mm. Cápsulas leñosas, globosas ampliamente oblongas, 25-35 mm de largo y ancho. Semillas negras, de 7-9 mm de largo, 5-7 mm de ancho y 0.5 mm de espesor. *H. funifera* es la especie de mayor tamaño que el resto de las especies del género *Hesperaloe* (Hochstätter, 2022).

2.4 Distribución y ecología de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

H. funifera es una especie forestal no maderable nativa de Norteamérica que distribuye en las zonas áridas y semiáridas del noreste de México y en los Estados Unidos de América el suroeste de Texas. En México se tienen registros de colectas especímenes de herbario en la parte centro y norte de Coahuila (Villarreal, 2001), norte de Nuevo León, norte y centro de Tamaulipas, San Luis Potosí. En los Estados Unidos de América, se ubica dentro de los bordes orientales del Desierto Chihuahuense. Crece en el matorral xerófilo (Rzedowski, 2006), en laderas rocosas y en llanuras abiertas y en sitios con suelos profundos y arcillosos en altitudes de 500 a 1,000 m, por su tipo de metabolismo (CAM) es una especie adaptada a bajos requerimientos de humedad (CONABIO, 2019; Hochstätter, 2022; Cabral, 2009). En su hábitat natural está asociada con especies como la gobernadora (*Larrea tridentata*

(DC.) Coville, albarda (*Fouquieria splendens* Engelm.) lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), tasajillo (*Opuntia leptocaulis* D.C.) entre otras.

Hesperaloe funifera (K. Koch) Trel., es una especie que requiere un bajo consumo de agua, debido a que posee metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) (Dom, 2018), que le permiten sobrevivir con bajo requerimiento de agua, es decir, que estas plantas reducen al mínimo la fotorrespiración y ahorran agua mediante la separación de estos pasos en el tiempo, entre el día y la noche. Durante la noche fijan anhídrido carbónico y transpiran agua, este proceso lo hacen con mayor rapidez por las noches que en el día, debido al coeficiente de transpiración, el cual es menor en la noche.

2.5 Importancia económica de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

Actualmente la producción de papel a nivel mundial se obtiene entre el 88-92% de materias primas convencionales obtenidas de especies forestales maderables principalmente (latifoliadas y coníferas); sin embargo, recientemente se están buscando nuevas alternativas de materias primas como esquilmos agrícolas y de especies forestales no maderables. Recientemente se ha puesto el foco de atención en las especies forestales no maderables de zonas áridas y semiáridas como el samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. como una nueva materia prima alternativa para la elaboración de papel y cartón ante la carencia, cada vez más evidente, de los recursos forestales maderables (Sánchez-Serrano, 2010).

H. funifera está considerada como la especie más importante para la producción de papel dada sus características propias de la especie, debido a que sus fibras tienen una morfología inusual, en las cuales se han identificado unas células largas de 3.3-3.5 mm y delgadas entre 15-17 μm y proporcionan unas peculiaridades diferentes al papel obtenido de esta especie, al presentarse unos índices de estillado, tracción y desgarramiento muy altos, destacando como una especie recomendada para la fabricación de papel y cartón (Guillot y Vander-Meer, 2006). En una investigación realizada por Sánchez-Serrano, 2010, donde estudió la caracterización química (celulosa,

hemicelulosa y lignina), morfológica y otros extraíbles de *H. funifera*, como materia prima alternativa a las materias primas tradicionales obtenidas de especies arbóreas, dentro de sus resultados encontró que *H. funifera* representa una opción viable y alternativa de celulosa para la obtención de pastas celulósicas y papel, asimismo menciona que debido a las dimensiones de las fibras de *H. funifera* las pastas celulósicas obtenidas de esta materia prima resultan de mayor calidad que las que las obtenidas del proceso Kraft (producción de pulpa o pasta de celulosa) y de coníferas y que pueden ser utilizadas como fibras de refuerzo para la obtención de papel y cartón.

En otro estudio realizado por McLaughlin (2003) menciona que la producción de una pasta celulósica a partir de *H. funifera* mediante un procedimiento denominado sulfito alcalino (10-15 K_2O y 85-90 % K_2SO_3), este se refiere a un proceso en el cual se utilizó como único reactivo el peróxido de hidrógeno al 3% por 30 minutos; se colocó en un refinador (PFI) a distintos números de revoluciones (Sánchez-Serrano, 2010).

Fairbank y Detrick (2000) elaboraron un pasteado con hojas de *H. funifera* mediante un procedimiento de sosa-antraquinona (20 % de sosa, 155 °C de temperatura, durante 40 minutos y un 0.1 % de antraquinona), aunado a otro proceso el de sulfito alcalino para lo cual se utilizaron distintas cantidades de sosa y de sulfito sódico, a 155 °C de temperatura por un periodo de 40 minutos.

Otros estudios realizados por McLaughlin (2003) con *H. funifera* muestran que al cortar su inflorescencia de la planta provoca un incremento y desarrollo de nuevas hojas, por ende, un incremento en la producción de biomasa, esto se debe a que los nutrientes destinados al proceso de la emisión del escapo floral son aprovechados por la planta. Este tipo de manejo podría ser muy importante en el establecimiento y manejo de plantaciones comerciales de esta especie en zonas áridas para la producción de materia prima para la elaboración de papel y cartón.

2.6 Importancia ecológica y ornamental de *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

H. funifera podría ser una buena alternativa para la rehabilitación de ecosistemas degradados en las zonas áridas y semiáridas mediante el establecimiento de plantaciones y/o reforestaciones, debido a las condiciones extremas (altas temperaturas y baja precipitación) dado que es difícil la siembra de cultivos básicos o de cualquier otra especie, cuyos requerimientos de agua sean mayores (Guillot y Vander-Meer, 2006).

Por sus características propias de *H. funifera*, con bajo requerimientos de hídricos, con mínimo mantenimiento y otras características importantes, es una especie que se conserva siempre verde en todo el año, ausencia de espinas, espectaculares inflorescencias y el color blanco de sus flores, ha sido considerada como una especie con valor ornamental, especialmente en regiones con baja precipitación. Esta especie es utilizada ampliamente en paisajismo en las zonas urbanas en California y suroeste de los Estados Unidos de América (Viveros cinco pinos, 2021). En México es utilizada en jardines botánicos con especies de ecosistemas desérticos como Universidades, Institutos de Investigación. En la ciudad de Saltillo, Coah, se utiliza como planta ornamental para la decoración en jardines y camellones con temas de diseño de paisajes áridos.

2.7 Germinación, latencia y vigor de semillas

La germinación es el proceso metabólico de la semilla, junto con la emergencia de la radícula y plúmula (tallo), las cuales conducen a la producción de una plántula. Es el proceso a través del cual la semilla en latencia entra en actividad fisiológica y origina una nueva planta. Es una transición crítica, en especial en climas áridos, por lo que el tiempo requerido para la germinación después de la imbibición de las semillas es diferente entre las plantas del desierto (Escudero *et al.*, 1997). Si una semilla es viable y no presenta dormancia germinará cuando se encuentre en las condiciones adecuadas de humedad, luz y temperatura. Por ello, se acepta que la capacidad germinativa de un lote

de semillas es un reflejo directo de su viabilidad (Pérez-García y Villamil, 2001).

Por su parte la latencia es el estado en el cual una semilla viable no germina, aunque se proporcione las condiciones de humedad, temperatura y concentración de oxígeno idóneas para hacerlo. Por lo anterior, las semillas pueden mantener su viabilidad durante largos períodos. Es de las adaptaciones más importantes que poseen las plantas. Las semillas sobreviven en condiciones desfavorables y adversas, aunque no indefinidamente. La latencia tiene muchas maneras de impactar en la germinación, la más notable es que la presencia de latencia puede contribuir a subestimar la calidad de la semilla y dar la impresión de que el potencial del lote es más bajo de lo que es en realidad (Elías *et al.*, 2012).

El vigor de la semilla es la suma de los atributos que favorecen un establecimiento rápido y uniforme, aún bajo condiciones desfavorables. Sin embargo, los atributos como peso seco de la planta, velocidad de emergencia y germinación de la semilla son dañados por factores adversos, lo cual origina un bajo establecimiento de plántulas debido al bajo vigor de la semilla. Es un concepto nuevo comparado con la germinación y surgió de la observación de las diferencias del establecimiento de plántulas entre lotes de semillas, trae como resultado una prueba adicional de calidad capaz de predecir la emergencia de plántulas bajo condiciones, ambas adversas y favorables de campo (Sayers, 1982).

Son las propiedades de la semilla quienes determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y el desarrollo de plántulas normales bajo una amplia variación de condiciones ambientales. Las semillas que son capaces de extender la raíz durante la germinación, pueden no tener vigor para establecer una planta en condiciones de campo. El vigor es un indicador de la calidad de la semilla, denota la completa habilidad de la semilla para funcionar bien bajo condiciones de campo (Bustamante, 1995).

2.8 Calidad de la semilla.

La calidad de semilla comprende diversos atributos de la misma, dentro de las que destacan: pureza varietal, viabilidad, vigor, ausencia de daño mecánico, ausencia de enfermedades, efectiva cobertura de tratamiento, tamaño y apariencia. Mientras que, en un lote de semillas, las características de calidad destacan contenido de humedad, potencial de almacenamiento, presencia de contaminantes (semilla de maleza, de otros cultivos y material inerte), y uniformidad del lote (Delouche, 1986).

Los aspectos fitosanitarios, fisiológicos, físicos y genéticos son parte importante en la calidad de la semilla, estos atributos pueden inhibir sus características de germinación y potencial de germinación posterior a la siembra. Al realizar la colecta de la semilla es importante considerar que estas sean de la misma especie y de la misma población, pues el lugar de procedencia es importante para que sean parte de un mismo rango, ya que estas se desarrollan en un gradiente latitudinal y debido a ello las semillas pueden tener un gradiente latitudinal diferente a las demás (Fontana *et al.*, 2016).

Para determinar la calidad de la semilla las pruebas de germinación son de las opciones que constituyen más ampliamente el procedimiento, sin embargo, estas pueden ser sobreestimadas en cuanto a su comportamiento y para ello se pueden realizar prácticas como determinación de vigor para su complementación y en base a esto se puede realizar una comparación en relación a los datos obtenidos de la germinación en campo (Copeland y McDonald, 2012).

La Asociación Oficial de Análisis de Semillas (AOSA) por sus siglas en inglés, la define como una de las herramientas más utilizadas para determinar el potencial fisiológico de las semillas, a través de una prueba de vigor con los siguientes objetivos: complementar la información de las pruebas de germinación, separar lotes en diferentes niveles de vigor, evaluar las diferencias significativas en la calidad de los lotes de semillas con porcentaje

de germinación similar, los cuales son relacionados con la emergencia de plántulas en campo, resistencia al transporte y potencial de almacenamiento (Baalbaki *et al.*, 2009).

Para realizar estas pruebas de vigor se deben realizar pruebas de estrés, las cuales se refieren a la aplicación de condiciones estresantes ya sea en la germinación de la semilla durante o después de ser sometidas a tales procedimientos. Estas pruebas de estrés pueden relacionarse con métodos de frío, métodos de prueba de estrés osmótico y la prueba de envejecimiento acelerado (Fontana *et al.*, 2016).

2.9 Criterios para el almacenamiento de las semillas.

La conservación del germoplasma en bancos de germoplasma requiere técnicas que prolonguen la longevidad y conserven la calidad de las semillas. Esta calidad depende tanto de contribuciones genéticas como de condiciones ambientales durante la madurez, de la tecnología de cosecha, de las prácticas de almacenamiento y de los procesos de acondicionamiento de las semillas. Cualquier tratamiento adverso puede resultar en disminución de la calidad e incremento del deterioro (McDonald, 1999).

Las Normas internacionales mencionan que las semillas ortodoxas se deben deshidratar a 5 ± 2 % de humedad antes del almacenamiento. Sin embargo, los experimentos con diferentes especies han mostrado que la longevidad se puede mejorar si las semillas se secan a niveles inferiores (Ellis *et al.*, 1995). Debido a que el contenido de agua en la semilla aumenta cuando la humedad relativa aumenta y disminuye con la temperatura. Walters (1998) propone que el contenido óptimo para almacenar la semilla debe incrementarse al disminuir la temperatura de conservación. Sin embargo, aunque el contenido de agua puede cambiar según la temperatura de conservación, el efecto es mínimo y no existe evidencia del efecto de la temperatura en semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Ellis *et al.*, 1995). Por otro lado, se reconoce la importancia de las propiedades del agua, como agua de composición, actividad y potencial hídrico como factores que rigen los

mecanismos y cinética del deterioro en las semillas (Vertucci y Roos, 1993; Walters, 1998).

Los estudios para determinar condiciones óptimas de almacenamiento presentan dificultades debido a que se requieren años de tomar datos experimentales. Por tal razón los investigadores realizan estudios en condiciones extremas de alta temperatura 65 °C (Ellis *et al.*, 1990) y humedad relativa diferentes a las óptimas y luego las extrapolan para la construcción de modelos. Según Walters (1998) no se conoce el contenido de agua óptimo o crítico para almacenamiento a 25°C o menos; esto se debe a que los estudios a 20 y 25 °C se han iniciado en años recientes y no existen estudios a más bajas temperaturas.

Salinas *et al.* (2001) indican que la calidad de las semillas disminuye con el paso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales prevalecientes durante el almacenamiento y el periodo que permanecen en almacén.

3. Deterioro de las semillas

El deterioro es considerado un proceso natural, inexorable e irreversible para todo ser vivo. Los problemas de deterioro son más importantes en regiones geográficas tropicales y subtropicales que se caracterizan por altas temperaturas y humedades relativas que prevalecen durante los períodos de maduración y de almacenamiento de la semilla. Es de común aceptación que el contenido de agua de la semilla y la temperatura a la que se almacenen son los factores más importantes que afectan la longevidad de las semillas (Hu *et al.*, 1998, Chien y Lin, 1999). Sin embargo, los efectos de los contenidos de humedad bajos sobre la longevidad y la posible interacción del contenido de agua y la temperatura se encuentran en controversia. La existencia de un nivel crítico de contenido de humedad para el almacenamiento de semilla es el punto más importante de debate.

El contenido de agua, obtenido por equilibrio de las semillas a 20°C y 10 -13 % de humedad relativa, es crítico para su longevidad (Ellis *et al.*, 1995). Con

contenidos de agua superiores al valor crítico, la longevidad es función logarítmica del contenido de agua. Por su parte a contenidos de agua inferiores al nivel crítico la longevidad se afecta. Se han registrado efectos adversos en semillas secadas a muy bajos contenidos de agua, que sugieren un contenido de humedad óptimo para la conservación que puede ser obtenido con una humedad relativa entre 19 y 27 % a la temperatura de almacenamiento (Vertucci y Roos, 1993).

La semilla es un organismo vivo y está sujeto a procesos degenerativos graduales que culminan con su muerte. El concepto de vigor surge por la necesidad de distinguir entre lotes de semillas con diferentes potenciales, capaces de producir plántulas normales, vigorosas, sanas, que se establecen en el campo en amplia gama de condiciones ambientales (Perry, 1984). De acuerdo con Navarro *et al.* (2015) las pruebas de vigor deben estimar la calidad de las semillas con mayor confiabilidad que las de germinación, la evaluación mediante estudios integrales de los factores relacionados con el deterioro y que anteceden a la pérdida de viabilidad pueden servir como prueba para evaluar el vigor.

A pesar de que no existe una definición de vigor aceptada, se tiene el consenso general en el sentido de considerarlo como el factor más importante de la calidad de la semilla. Desde el punto de vista bioquímico, el vigor involucra la capacidad que tiene un organismo para la biosíntesis de energía y compuestos metabólicos, como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos. Todo esto asociado a la actividad celular, la integridad de las membranas celulares y el transporte o utilización de sustancias de reserva (Bewley y Black, 1994). La manifestación del vigor en la germinación se manifiesta con rapidez, uniformidad e intensidad, al igual que la tolerancia de las plántulas a las condiciones ambientales desfavorables (Marcos, 2005).

De forma natural las semillas sufren un deterioro, existen pruebas que ayudan a determinar el grado de deterioro que sufren las semillas, una de ellas es la prueba de envejecimiento acelerado, se refiere a una prueba de vigor que es muy aplicada a la mayoría de las semillas de especies cultivadas, esto para descartar si hay algún cambio en su fisiología y que afecte su germinación. Al

permanecer en condiciones extremas como humedad relativa y temperaturas altas, las semillas pueden mermar el crecimiento inicial de las plántulas, la capacidad germinativa, la tolerancia a condiciones adversas, sin embargo, este proceso no ocurre de manera uniforme en las semillas incluso si son parte del mismo lote (González-Rodríguez *et al.*, 2014).

La absorción de agua por las semillas puede interferir en los resultados, por lo cual es necesario buscar alternativas para evitar la mayor concentración de agua (Castellanos *et al.*, 2018). Para realizar la prueba de envejecimiento acelerado se utilizan soluciones saturadas como sales (NaCl, KCl o NaBr) ya que tienen como objetivo reducir la humedad relativa del interior de los compartimientos individuales y retardar una menor absorción de agua por las semillas. A esta técnica se le llama "prueba de envejecimiento acelerado con uso de soluciones saturadas de sal" (SSAA por sus siglas en inglés) y fue propuesto por Jianhua y McDonald (Fontana *et al.*, 2016). La prueba de envejecimiento acelerado ha demostrado ser una herramienta eficiente para evaluar la calidad fisiológica. Con esta prueba también se ha evaluado el vigor, maduración de la semilla, secado y almacenamiento. Tales indicadores pueden ser utilizados en el beneficio y almacenamiento de la semilla e incluso en su proceso industrial (Oliveira *et al.*, 2014).

Méndez-López *et al.* (2020) realizaron un estudio donde evaluaron las variaciones en la calidad fisiológica y bioquímica en semillas almacenadas de *Jatropha curcas* L. provocadas con el método de deterioro por envejecimiento acelerado en diferentes periodos de tiempo de exposición. La menor pérdida de germinación ocurrió a los 18 días en semillas con 24 h de tratamiento (93 %), y con 96 h no germinaron (0 %). La calidad fisiológica y bioquímica de la semilla de *J. curcas* mostró variaciones con la exposición a diferentes periodos de envejecimiento acelerado; misma que puede soportar hasta 72 horas de envejecimiento a 40 ± 1 °C y 100% de humedad relativa antes de perder su viabilidad.

3.1 Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas

De acuerdo con Arnold (1996) los tratamientos pregerminativos son procedimientos utilizados para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas, de tal forma que, estando vivas, no son capaces de germinar hasta que las condiciones sean adecuadas. Los más utilizados consisten en la escarificación manual de la semilla, la inmersión en agua caliente o fría, en ácido sulfúrico, entre otros (Vázquez-Yanes y Pérez, 1977). Su finalidad es romper la latencia inducida por la testa al ablandar, perforar, rasgar o abrirla para hacerla permeable sin dañar el endospermo y el embrión (Padilla, 1995). Algunos tratamientos en semillas de especies arbóreas aceleran y aumentan su germinación (Hernández *et al.*, 2001), sin embargo, no todos son eficientes para cualquier especie, por lo que se debe definir el más indicado para cada especie.

La madurez, la viabilidad (periodo durante el cual las semillas conservan su capacidad germinativa) y latencia (incapacidad de germinar bajo condiciones ambientales y recursos óptimos) son factores intrínsecos de los que depende la germinación de las semillas, además de factores extrínsecos como la temperatura, el sustrato, la intensidad lumínica y la humedad (Doria, 2010). El uso de tratamientos pre-germinativos permite acelerar y homogenizar la germinación, entre los cuales se cuentan la escarificación mecánica, térmica y química, la deshidratación, la imbibición, y el uso de reguladores de crecimiento (Cubillos *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2017). De acuerdo con Castillo-Reyes *et al.* (2022) la aplicación de tratamientos pre-germinativos es fundamental para mejorar las tasas de germinación de las semillas de especies forestales, entre los cuales el uso de microorganismos es uno de ellos.

Castillo-Reyes *et al.* (2022) evaluaron el porcentaje de germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore tratadas con los microorganismos de los géneros *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. La respuesta a estos tratamientos pregerminativos fue satisfactoria, lo que indica que su uso puede mejorar la producción de esta especie en vivero. En los últimos días de germinación, el testigo alcanzó un porcentaje de germinación de 74% a los 26 días, mientras

que con microorganismos este valor fue superado a los 17 días (79.3 % con *Trichoderma* spp. y 77 % con *Bacillus* spp.).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en mayo de 2022 en el Laboratorio de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Saltillo, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Con ubicación geográfica 25°21'22.52" de latitud norte y 101°2'9.88" longitud oeste. El clima es templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN, 2019).

3.2 Metodología

3.2.1 Colecta de semillas

Para la presente investigación se utilizaron semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.). La colecta de las semillas se llevó a cabo en febrero de 2022. Se realizó en forma masal en 5 individuos de *H. funifera* en el Jardín Botánico del Campo Experimental Saltillo del INIFAP Carretera Saltillo-Zacatecas km. 342+119 # 9515 Hacienda de Buenavista, en las siguientes coordenadas geográficas: 25°20'40" de latitud norte y 101°02'01" longitud oeste y a una altitud de 1811 m.

Previo a la colecta, se revisaron las capsulas en la inflorescencia de cada uno de los ejemplares seleccionados que mostraran dehiscencia, que es un mecanismo en el cual los frutos alcanzan su madurez fisiológica, las capsulas se abren de manera natural para liberar y diseminar las semillas. Las capsulas se cortaron directamente de las inflorescencias en forma manual. Posteriormente las semillas se limpiaron eliminando impurezas de las capsulas; las semillas limpias se homogenizaron y finalmente se almacenaron en bolsas de papel estraza. Posteriormente, se llevaron al Laboratorio de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio, donde se llevaron a cabo las pruebas de laboratorio.

3.2.2 Descripción morfométrica de las semillas

Previo al trabajo experimental se realizó un procedimiento para su clasificación de acuerdo a los siguientes parámetros: largo, ancho, espesor, forma tridimensional y contorno o forma plana. La medición (expresada en mm) se realizó con un Vernier digital marca Steren y de esta forma evaluar las diferencias entre la longitud de la semilla y asimismo considerar si su condición podría ser afectada por los tratamientos a evaluar.

3.2.3 Prueba de envejecimiento acelerado

Se hicieron pequeños sacos con gasa de manta de cielo con 100 semillas, la cual fue sellada con grapas y se suspendieron con ayuda de gomas elásticas sin tocar el agua en frascos de vidrio de boca ancha, los cuales previamente se llenaron con 100 ml de agua de grifo, los frascos se taparon con bolsas de polietileno y gomas elásticas, posteriormente se colocaron en una estufa SL Shel a 45 °C, se hicieron un total de 4 tiempos de exposición con 5 frascos de 100 semillas cada uno a 0, 24, 48 y 72 horas.

3.2.4 Tratamientos pre-germinativos

Para la evaluación de las semillas se aplicaron cinco tratamientos pregerminativos Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.).

Numero	Tratamientos
T1	Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) agua oxigenada (solo hasta cubrir la semilla)
T2	Solución a una proporción de 0.1 g/500 mL de agua, para 100 mL de agua de preparación se utilizó 0.02 g de Biogib®
T3	Solución en una relación disolver 10 mL por Litro de agua de <i>Bacillus</i> spp.
T4	Solución en una relación disolver 10 mL por Litro de agua de <i>Trichoderma</i> spp.
T5	Testigo agua de grifo (solo hasta cubrir la semilla)

3.2.5 Siembra de semillas

En el caso del tiempo de 0 h se aplicaron las soluciones en los frascos con 100 semillas cada uno, hasta cubrir las semillas y permaneció por 24 h. Para esta prueba las semillas se colocaron entre hojas de papel tipo anchor humedecido con agua destilada al 100 % de su capacidad y se enrollaron en forma de “taco” (Antonio, 2012). Se colocaron 25 semillas en cada uno y se situaron en una misma dirección. Lo anterior para facilitar el crecimiento de la radícula y de la plúmula. Para hacer más eficiente el conteo, se le colocó otro trozo de papel anchor para cubrirlas y se enrollaron en forma de “tacos”, cada uno de ellos se identificó con la fecha, tiempo, especie y una flecha que indicaba la posición de la semilla, se guardaron en una bolsa de polietileno para evitar la evaporización de las soluciones y se colocaron dentro de una cámara de germinación marca Biotronette Mark III®, se realizó el mismo procedimiento con los diferentes tiempos de exposición al envejecimiento acelerado y sus respectivos tratamientos.

3.2.6 Evaluación de la germinación de las semillas

La evaluación inició a partir del día siete después de la siembra; se procedió a desenrollar cada uno de los “tacos” y se realizó el conteo de las semillas germinadas durante 13 días en total. Esto se realizó en todos los tratamientos, además, se registraron las plantas normales, plantas anormales, semillas duras, semillas muertas (se retiraron de los “tacos”) y semillas vacías (se separaron de los “tacos”) y se contabilizaron cada 24 horas.

De igual forma, se tomaron cinco semillas germinadas de cada uno de los “tacos” de todos los tiempos evaluados y de cada tratamiento pregerminativo y se midió la plúmula y radícula (expresado en mm) para poder evaluar la Longitud media de radícula (LMR), longitud media de plúmula (LMP).

3.2.7 Variables morfométricas de las semillas

Se realizó una evaluación morfométrica las semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* K. Koch) Trel.) y se evaluaron las variables ancho, largo y espesor de la semilla.

3.2.8 Variables de las semillas evaluadas

Cuadro 2. Variables consideradas para la germinación de samandoque *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.

Variables	
PSG	Porcentaje de semillas germinadas
PPN	Porcentaje de plántulas normales
PPA	Porcentaje de plántulas anormales
PSD	Porcentaje de semillas duras
PSM	Porcentaje de semillas muertas
LMP	Longitud media de plúmula
LMR	Longitud media de radícula
IVG	Índice de velocidad de germinación
TSG	Tasa de germinación

- Porcentaje de semillas germinadas (PSG): Esta variable se obtiene con el conteo de las semillas germinadas hasta el último día de la evaluación. Se consideró semilla germinada cuando presentó una radícula igual o mayor a 2 mm de longitud, y se representó mediante la siguiente fórmula:

$$\%PG = \left(\frac{NSG}{NSS} \right) * 100$$

Dónde:

NSG= número de semillas germinadas y NSS= número de semillas sembradas.

- Porcentaje de plántulas normales (PPN): es la relación entre el número de semillas germinadas con todas sus estructuras esenciales.
- Porcentaje de plántulas anormales (PPA): se contaron como las plantas de las cuales carecían de una o más estructuras o con estructuras inusuales.
- Porcentaje de semillas duras (PSD): se contaron todas las semillas que no absorbieron agua y que permanecieron impermeables.
- Porcentaje de semillas muertas (PSM): se contaron las semillas blandas que absorbieron demasiada agua y no produjeron plántulas.
- Longitud media de plúmula (LMP): se realiza una medición de la base a la punta de la plúmula considerando un largo mínimo de 0.5 cm.
- Longitud media de radícula (LMR): se realiza una medición de la base a la punta de la radícula considerando un largo mínimo de 0.5 cm.
- Índice de velocidad de germinación (IVG): el índice de velocidad de germinación (IVG) se calculó con el conteo diario de las semillas germinadas (radícula ≥ 2 mm) a partir de la siembra y se calculó con la siguiente fórmula:

$$IVG = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$$

Dónde:

n_i = Número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo; t_i : Número de días después de la siembra; n = Número de conteos 1, 2..., n conteos (Ranal y García, 2006).

- Tasa de germinación (TSG): se obtiene con el conteo diario de semillas germinadas desde la siembra hasta el último día de su evaluación y se determinó con la siguiente fórmula:

$$TSG = (N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_nT_n) / (N_1 + N_2 + \dots + N_n)$$

Dónde:

N= es el número de semillas germinadas no acumuladas; T= es el tiempo en días (Hartmann y Kester, 2001).

3.3 Análisis estadístico de la información

Para el análisis de los datos morfométricos se realizó un ANOVA y una prueba de Kuskal Wallis ($p < 0.05$) con el programa estadístico INFOSTAT y para las variables fisiológicas mediante el programa estadístico RStudio versión 2022.02.3.0. La información se interpretó mediante comparación de medias con la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$., mediante el modelo lineal experimental de un diseño completamente al azar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características físicas de la semilla de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.).

A continuación, se describen las variables morfométricas de la semilla; ancho, largo, espesor y peso de *H. funifera*, las cuales pertenecen a una población. De acuerdo a los datos obtenidos con la prueba de Kuskall Wallis ($p < 0.05$) no existe diferencias significativas con respecto a la calidad física de la semilla en relación al largo y ancho (Cuadro 3), ya que indica que no existe diferencia entre la misma población. Pozo-Gómez *et al.* (2019) mencionan que de acuerdo con la International Seed Testing Association (ISTA, 2005) de forma aleatoria las semillas de una misma planta serán altamente probables que no presente diferencias morfométricas, en su mayoría serán de una misma población, esto se realizó en la caracterización de semillas de *Croton guatemalensis* Lotsy.

Cuadro 3. Comparación de medias del ancho, largo, espesor y peso de la semilla de samandoque *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. Prueba Kuskall Wallis.

Rep.	Largo (mm)		ancho (mm)		espesor (mm)		Peso de 100s (mg)	
1	7.45	a	5.6	a	1.65	a	0.22	a
2	7.25	a	5.45	a	1.55	a	0.20	a
3	7.25	a	5.55	a	1.7	a	0.19	a
4	7.4	a	5.45	a	1.9	a	0.21	a
5	7.2	a	5.2	a	1.7	a	0.24	a
6	6.8	a	5.05	a	1.7	a	0.18	a
7	7.45	a	5.45	a	1.4	a	0.24	a
8	7.35	a	5.45	a	1.4	a	0.21	a
9	6.6	a	5.2	a	1.4	a	0.16	a
H	2.41		2.64		0.59		4.53	

Valores medios ($H > 5$ = existen diferencias significativa; $H < 5$ No existen diferencias significativa), diferentes letras indican diferencia significativa entre tamaños promedio de las semillas.

El espesor de la semilla se muestra en el Cuadro 3, donde no se registran diferencias significativas, por lo cual pertenecen a una misma población. De acuerdo con Calixto-Valencia *et al.* (2022) los resultados obtenidos coinciden con las pruebas mencionadas en este estudio, donde realizan comparaciones morfométrico de semillas y frutos de *Swietenia humilis* Zucc. y mencionan que no existe diferencias entre las poblaciones de la especie, sin embargo, si se presentan diferencias significativas en los sitios evaluados.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la prueba de caracterización del peso, donde no existen diferencias significativas entre semillas de la población evaluada. De acuerdo con Gómez-Hernández *et al.* (2022) no existe una diferencia morfométrica significativa en las semillas de una misma planta, este en el caso de semillas de *Calophyllum brasiliense* Cambess realizando pruebas de Kuskal Wallis ($p < 0.05$), sin embargo, las diferencias que se presentan en la población se deben a las condiciones ambientales y al almacenamiento de las semillas por largos periodos.

4.2 Evaluación del efecto del envejecimiento acelerado en cuanto a la calidad de la semilla de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.) y su germinación.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza que se presentan en el Cuadro 4, se observa que existen diferencias altamente significativas para la fuente de variación en cuanto a tratamientos en las variables evaluadas como el porcentaje de semillas duras (PSD) y el índice de velocidad de germinación (IVG). Por su parte en variables como el porcentaje de semillas germinadas (PSG), porcentaje de plantas anormales (PPA), longitud media de plúmula (LMP) y tasa de germinación (TSG) resultaron significativas, las variables como el porcentaje de plantas normales (PNP), porcentaje de semillas muertas (PSM) y longitud media de radícula (LMR) no presentaron diferencias significativas.

Los resultados del análisis de varianza de acuerdo al tiempo presentan diferencias altamente significativas con respecto al porcentaje de semillas germinadas (PSG), porcentaje de plantas normales (PNP), longitud media de plúmula (LMP), índice de velocidad de germinación (IVG), tasa de germinación (TSG). Con respecto a variables como el porcentaje de plantas normales (PPA) y porcentaje de semillas duras (PSD) existen diferencias significativas, por su parte las variables del porcentaje de semillas muertas (PSM) y longitud media de radícula (LMR) no presentaron diferencias significativas.

Cuadro 4. Cuadrados medios del Análisis de Varianza y su significancia de las variables evaluadas para tratamiento y tiempo.

FV	GL	PSG	PNP	PPA	PSD	PSM	LMP	LMR	IVG	TSG
Trat	4	608.80*	299.2	63.20*	545.30**	74.5	0.41*	2.92	0.81**	9.27*
E. E		177.3	181.5	19.34	76.5	181.2	0.14	1.67	0.22	3.26
Tiempo	3	1008.70**	877.30**	78.06*	336.53*	405.87	1.23**	2.87	2.76**	70.28**
E. E		167.2	160.2	19.33	90.97	166.72	0.11	1.69	0.15	0.94

NS= No significativo *= Diferencias significativas **= Diferencias altamente significativas

PSG= % de semillas germinadas, PNP= % de plantas normales, PPA= % de plantas anormales, PSD= % de semillas duras, PSM= % de semillas muertas, MP= longitud media de plúmula, LMR= longitud media de radícula, IVG= índice de velocidad de germinación, TSG= tasa de germinación.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la interacción de los tratamientos en semillas de *H. funifera*. El tratamiento 5 (agua de grifo) fue el que presentó el mejor resultado con respecto a cuatro de las nueve variables evaluadas, siendo el porcentaje de semillas germinadas (PSG) con 54.50%, lo que indica que no existe ningún tipo de latencia en la semilla, porcentaje de plantas normales (PNP), porcentaje de semillas duras (PSD) que fue un resultado significativo en comparación con los otros tratamientos e índice de velocidad de germinación (IVG), mientras que en la variable de porcentaje de plantas anormales (PPA) el mejor tratamiento fue el 4 (*Trichoderma* spp.), asimismo, en la variable de longitud media de plúmula (LMP). En cuanto al porcentaje de semillas muertas (PSM) el tratamiento 3 (*Bacillus* spp.) registró el mejor resultado de igual forma en la tasa de germinación (TSG). Ante estos últimos resultados, Castillo-Reyes *et al.* (2022) mencionan que la utilización de

microorganismos como *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. en semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore mejoraron el porcentaje de germinación en comparación al testigo (agua simple).

Cuadro 5. Comparación de medias de las diferentes variables evaluadas para los tratamientos.

Trat	PSG	PNP	PPA	PSD	PSM	LMP	LMR	IVG	TSG
1	47.50 ab	43.5 a	4.00 ab	12.00 bc	37.50 a	1.14 b	4.41 a	1.33 ab	9.62 ab
2	39.75 b	38.0 a	1.75 ab	16.50 ab	40.50 a	1.33 ab	4.96 a	1.10 b	9.70 ab
3	41.00 b	38.5 a	2.50 ab	21.25 a	34.75 a	1.45 ab	4.80 a	1.06 b	10.98 a
4	41.50 a	40.5 a	1.00 b	16.50 ab	39.25 a	1.57 a	5.20 a	1.18 ab	9.45 ab
5	54.50 a	48.5 a	6.00 a	5.75 c	38.00 a	1.41 ab	5.56 a	1.62 a	8.91 b

Medias con la misma literal son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

PSG= % de semillas germinadas, PNP= % de plantas normales, PPA= % de plantas anormales, PSD= % de semillas duras, PSM= % de semillas muertas, MP= longitud media de plúmula, LMR= longitud media de radícula, IVG= índice de velocidad de germinación, TSG= tasa de germinación.

En el Cuadro 6 se concentran los resultados de acuerdo a la interacción de las variables evaluadas al tiempo de exposición debido al proceso de envejecimiento acelerado. En este cuadro se muestra que el mayor porcentaje de semillas germinadas (PSG) se encuentra con un tiempo de exposición de 0 y 24 h y con el aumento de las horas de exposición disminuye este porcentaje, estos resultados son similares a lo reportado por Kaewnaree *et al.* (2011) quienes mencionan que la germinación disminuye conforme aumenta la temperatura y el tiempo de exposición de las semillas a tratamientos de envejecimiento acelerado, lo cual es debido a que al incrementar estas variables, se aceleran los procesos fisiológicos de la semilla y aumenta el deterioro, lo que ocasiona disminución del vigor.

Con respecto al porcentaje de plantas normales (PNP) el mejor tiempo fue de 24 y 48 h, el porcentaje de plantas anormales tiene mejores resultados con exposición a temperaturas altas de 24, 48 y 72 h ya que con esta variable se pretende reducir esta anormalidad. En semillas duras no necesitan una exposición ya que cuenta con mejor resultados a 0 h, el porcentaje de semillas muertas (PSM) el cual indica que tiene un número menor de semillas muertas

debido al tiempo de 24 h, en cuanto a la longitud media de plúmula (LMP) e índice de velocidad de germinación (IVG) el mejor resultado fue a 0 h de exposición. La longitud media de radícula (LMR) tiene mayor resultado a 48 h, mientras que la tasa de germinación (TSG) presenta un mayor resultado a 72 h.

Los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Ayala-Garay *et al.* (2018) en semillas de *Capsicum chinense* Jacq, quienes mencionan que el mayor porcentaje de germinación fue en el testigo y en un periodo de exposición de 24 h, mientras que en 72 h se registró un 65 % de germinación y reportaron que la aplicación de calor y humedad relativa alta disminuye el índice de germinación.

De igual forma son consistentes con lo reportado por Herrera-Aguilar *et al.* (2018) quienes concluyen que entre mayor sea el tiempo de exposición, además de una temperatura alta y humedad relativa del 100 %, las semillas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare* (Dierb.) D'Arcy & Eshbaugh) se deterioran y pierden su viabilidad después de 72 h expuestas, ya que la hidratación de las semillas ocurre dentro de las primeras 8 h. Finalmente, Méndez-López *et al.* (2020) en un estudio sobre envejecimiento acelerado en semillas de *Jatropha curcas* L., mencionan que una mayor exposición a temperaturas altas deteriora la semilla y disminuye su calidad fisiológica.

Cuadro 6. Comparación de medias de las diferentes variables evaluadas de acuerdo a los tratamientos utilizados.

Tiempo	PSG	PNP	PPA	PSD	PSM	LMP	LMR	IVG	TSG
0 h	49.0 a	43.0 ab	6.0 a	9.4 b	38.4 ab	1.71 a	4.49 a	1.57 a	7.98 d
24 h	50.6 a	48.4 a	2.2 b	15.4 ab	32.2 b	1.42 b	5.27 a	1.48 ab	8.86 c
48 h	45.0 ab	43.2 a	1.8 b	13.4 ab	38.2 ab	1.26 bc	5.30 a	1.23 b	9.76 b
72 h	34.8 b	32.6 b	2.2 b	19.2 a	43.2 a	1.14 c	4.89 a	0.74 c	12.32 a

Medias con la misma literal son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). PSG= % de semillas germinadas, PNP= % de plantas normales, PPA= % de plantas anormales, PSD= % de semillas duras, PSM= % de semillas muertas, MP= longitud media de plúmula, LMR= longitud media de radícula, IVG= índice de velocidad de germinación, TSG= tasa de germinación.

En la Figura 1 y el Cuadro 7 (Anexo I) se muestra la comparación de los resultados del análisis de la interacción tratamiento-tiempo sobre las semillas de *H. funifera*, lo cual indica que en el PSG el mejor tratamiento fue el T5 (agua de grifo) a una exposición de 48 h de igual forma en el IVG a 0 h, en cuanto al PNP el mejor tratamiento fue el T1 (agua oxigenada) al igual que la LMR a 0 h, en el PSD y PSM el tratamiento óptimo fue el T2 (Biogib®) a una exposición de 72 y 48 h, la LMP se relaciona con el tratamiento T4 correspondiente a la aplicación de *Bacillus* spp. y la TSG el mejor tratamiento fue el T3 que corresponden a la aplicación de *Trichoderma* spp.

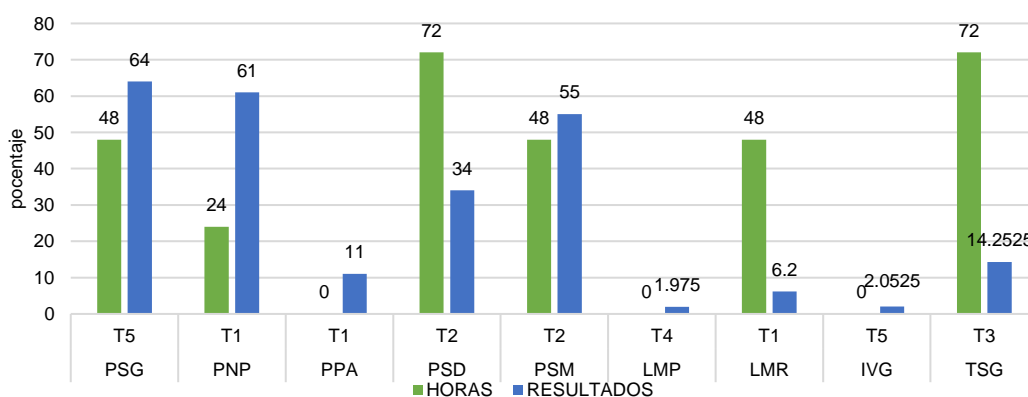


Figura 1 Comparación de los resultados de la interacción tratamiento-tiempo.

PSG= % de semillas germinadas PNP= % plantas normales PNP= % de plantas normales, PPA= % de plantas anormales, PSD= % de semillas duras, PSM= % de semillas muertas, MP= longitud media de plúmula, LMR= longitud media de radícula, IVG= índice de velocidad de germinación, TSG= tasa de germinación.

V. CONCLUSIONES

El análisis morfométrico de las semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* K. Koch) Trel.) no presenta diferencias significativas, por lo cual se concluye que se trata de una misma población donde es escasa la variación de las variables evaluadas.

El mayor porcentaje de semillas germinadas se presentó en el testigo, lo que indica que en el medio natural estas tienen una elevada viabilidad y un alto porcentaje de germinación.

La utilización del pretratamiento con *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. en semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* K. Koch) Trel.) incremento la tasa de germinación.

El mayor porcentaje de semillas germinadas se encuentra con un tiempo de exposición de 0 y 24 h, por lo cual no existe ningún tipo de latencia en la semilla de *H. funifera*.

La prueba de envejecimiento acelerado es buen indicador de la calidad fisiológica de la semilla y es referencia para las condiciones de almacenamiento.

VI. LITERATURA CITADA

- Antonio, B.A. 2012. Manual de ensayos de semillas forestales. Secretaría de Medio Ambiente. Secretaría de Medio Ambiente Gobierno del Estado de Coahuila. 27 p.
https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/08/manual_BG.pdf.
- Arnold, F. E. 1996. Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del sur de Chile. Documento Técnico CONAF-DED. 123 p.
- Ayala-Garay, O. J. 2018. Adaptaciones metodológicas para evaluar la calidad fisiológica en semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agro Productividad* 11(9): 9-14.
- Baalbaki, R., Elías, S., Marcos, F., McDonald, M. 2009. Seed vigor testing handbook. Contribution 32. Association of Official Seed Analysts. Ithaca, New York 346 p.
- Balaguera, H.E., Giovanni, J. y Cárdenas, J. 2010. Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) para la obtención de plántulas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 13: 89-97.
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/735>.
- Bewley, J. D. y Black, M. 1994. Seeds: Physiology of development and germination. 2nd Ed. Plenum Presses. New York, USA. 367 pp.
<https://link.springer.com/content/pdf/bfm:978-1-4899-1002-8/1>.
- Bustamante, G. L. A. 1995 Pruebas de germinación y vigor en semillas y sus aplicaciones. Curso de actualización sobre tecnología de semillas. *En: Memoria*, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Cabral, C.I. 2009. Evaluación de diversidad, distribución e importancia económica de la familia Agavácea en el Noreste de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 57 p. <http://eprints.uanl.mx/21119/1/1020164608.pdf>.
- Calixto-Valencia, C. G., Cetina-Alcalá, V. M., Ramírez-Herrera, C., López-López, M. Á., Ángeles-Pérez, G., Equihua-Martínez, A. y Basave-Villalobos, E. 2022. Características morfométricas, reproductivas y

- germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(72): 148-172.
- Castellanos, C. I. S., Lemes, E. S., Almeida, A. D. S., Meneghello, G. E., y de Tunes, L. M. D. 2018. Metodologías para el ensayo de envejecimiento acelerado en semillas de triticale. *Agrociencia* (Uruguay) 22(2), 1-6. <https://doi.org/10.31285/agro.22.2.1>.
- Castillo-Reyes, F., Castillo Quiroz, D., Sáenz Ceja, J. E., Rueda Sánchez, A., y Sáenz Reyes, J. 2022. Efectos del pretratamiento con *Trichoderma* y *Bacillus* en la germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(69): 56-72.
- Castillo, Q., D., D. Y. Ávila, F., F. Castillo, R., A. Antonio, B. y O. U. Martínez, B. 2015. *Nolina cespitifera* Trel. Recurso forestal no maderable de importancia económica y social del noroeste de México. *Interciencia* 40(9): 611-617. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33940998005.pdf> .
- Chien, C.T., Lin, T.P. 1999. Effects of moisture content and temperature on the storage and germination of *Cinnamomum camphora* seed. *Seed Science Technology* 27: 315-320. <https://eurekamag.com/research/003/119/003119647.php>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2019. La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de Caso. <https://slp.gob.mx/segam/Documentos%20compartidos/SIACC/BIODIVERSIDAD/ESTUDIO%20ESTADODE%20LA%20BIODIVERSIDAD%20202.pdf>.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2018. Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009 - 2014. Inventario Nacional de Suelos 1-200. http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/memoriapdf/Memoria_VII_RNE.pdf.
- Copeland, L. O. y McDonald, M. F. 2012. Principles of seed science and technology. Springer Science and Business Media.
- Cubillos, H., J. G., A. Páez, R. y L. Mejía, D. 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. asociado al complejo "Secadera" en Maracuyá,

- bajo condiciones de invernadero. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín* 64 (1): 5821-5830.
- Davies, J., Poulsen, L., Schulte-Herbrüggen, B., Mackinnon, K., Crawhall, N., Henwood, W. D., Dudley, N., Smith, J. & Gudka M. 2012. Conserving dryland biodiversity. International Union for the Conservation of Nature (IUCN). Nairobi, Kenya. ISBN: 978-2-8317-1541-4.
- Delouche, J. C. 1986. Physiological seed quality. Shot course for seeds men, Mississippi States University. Vol. 27, p. 55-59.
- Dom, I. 2018. *Hesperaloe funifera* (K. Koch, 1862) Trelease, 1902. El árbol de la vida, <https://tubiologia.forosactivos.net/t13511-hesperaloe-funifera>.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31: 74-85.
- Ehleringer, J. R. y Werk, K. S. 1986. Modifications of solar-radiation absorption patterns and implications for carbon gain at the leaf level. *In* T. J. Givinish [ed.], *On the economy of plant form and function*, 57-82. Cambridge University Press, New York, NY.
- Elías, S.G., Copeland, L.O., McDonald, M.B., Baalbaki, R.Z. 2012. Seed testing: Principles and practices. Michigan, USA: Michigan State University Press.
- Ellis, R. H., Hong, T.D., Roberts, K. y Tao, L. 1990. Low Moisture Content Limits to Relation Between Seed Longevity and Moisture. *Annals of Botany* 65: 493-504. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087961>.
- Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E.H. 1995. Survival and vigor of lettuce (*Lactuca sativa* L) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds stored at low and very low moisture contents. *Annals of Botany* 76: 521-534. <https://www.jstor.org/stable/42765155>
- Escudero, A, Carnes, L.F., Pérez-García, F. 1997. Seed germination of gypsophytes and gypsovags in semi-arid central Spain. *Journal of Arid Environments* 36: 487-497. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB1997030469>
- Fairbank, M., Detrick, R. 2000. *Hesperaloe funifera* a reinforcement fiber for mechanical paper grades Vol.83 No.11 pp. 66 *Tappi Journal Peer Reviewed Paper* <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20003027431>

- Flores-Ortiz, C.M. 2016. I Reunión Nacional de Zonas Áridas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39 (1), 7-8.
<https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/40-2/presentacion.pdf>.
- Fontana, A., Pérez V. R. y Luna, C. V. 2016. Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. *FAVE. Sección Ciencias Agrarias* 15 (1)
DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.v15i1.5871>.
- García-Mendoza, A.J. 2007. Los agaves de México. *Ciencias UNAM* 87:14-23.
<https://www.revistacienciasunam.com/es/48-revistas/revista-ciencias-87/285-los-agaves-de-mexico.html>
- Gentry, H. S. 1972. The agave family in Sonora. Agriculture Handbook 399. Agricultural Research Service, USDA, Washington, DC. 195 p.
- Gómez-Hernández, M. M., Orantes-García, C., Verdugo-Valdez, A. G., Pozo-Gómez, D. M., Moreno-Moreno, R. A., y Sánchez-Cortes, M. S. (2022). Contribución al conocimiento del árbol leche María (*Calophyllum brasiliense* Cambess, Clusiaceae): morfometría, viabilidad y germinación de semillas. *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0081009
<https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081009>.
- González-Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Instituto Nacional de Ecología. 173 p.
http://189.240.101.244:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/218/668_2012_Zonas_aridas_semiaridas_Mexico.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- González-Rodríguez, F., León Gómez, D., Borges, Gómez, L., Pinzón López, L., Magaña, M., Sangines, García, R. y Urrestarazu, Gavilán, M. 2014. Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5 (SPE8), 1487-1493.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5nspe8/2007-0934-remexca-5-spe8-1487-en.pdf>.
- Guillot, O. D. y Van der Meer, P. 2006. El género *Hesperaloe* Engelm. cultivado en la Península Ibérica e Islas Baleares. GALE ONFILE Informe Académico. Universidad Complutense de Madrid.

<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA232471132&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=02144565&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7Efd108fb6>.

- Hartmann, H. y F. Kester. 2001. Propagación de plantas, principios y prácticas. México: Editorial Continental. 760 p.
- Hernández, V., G., L. R. Sánchez, V. y F. Aragón. 2001. Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la sierra de Mazatlán. *Foresta Veracruzana* 3 (1):9-15.
- Hernández, M., S., R. Novo, S., M. A. Mesa, P., A. Ibarra, M. y D. Hernández, R. 2017. Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local* 4(1):19-23.
- Herrera-Aguilar, A., Cervantes, Ortiz, F., Antuna, Grijalva, O., García, Rodríguez, J. G., Rodríguez, Mercado, D., Rodríguez, Herrera, S. A., y Mendoza Elos, M. 2018. Deterioro de la calidad de la semilla de chile piquín de cuatro colectas en Querétaro y Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(8): 1627-1638.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1719>
- Hochstätter, F. 2022. The genus *Hesperaloe* (Agavaceae) Postfach 510201, Feldstr. 61, D-68242 Mannheim, Germany. (Fecha de Consulta agosto de 2022)
<https://www.agavaceae.com/botanik/pflanzen/scans/gnr210/scan1/21010-1.pdf>
- Hu, C., Zhang, Y. Tao, M., Hu, X., Jiang, C. 1998. The effect of low water content on seed longevity. *Seed Sciences Research* 8 (1):35-39.
https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/Web_version/243/ch08.htm
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Cuéntame. www.cuentame.inegi.org.mx/.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2005. International Rules for Seed Testing International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.

- [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1852841](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1852841)
- Jiménez-Sierra, C.L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. México. *Revista Digital Universitaria* 12: 1-5.
<https://www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/>
- Kaewnaree, P., Vichitphan, S., Klanrit P., Siri, B., K. Vichitphan. 2011. Effect of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds. *Biotechnology* 2: 175-182.
DOI: 10.3923/biotech.2011.175.182
- Loo, J.A. 2011. Manual de genética de la conservación. Principios aplicados de genética para la conservación de la biodiversidad. SEMARNAT, CONAFOR. México. 192 p.
https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_DE_GENETICA_DE_LA_CONSERVACION.PDF
- Marcos F., J. 2005. Fisiología de semillas de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. Brazil. 495 p.
- Maschinski J., Albrecht, M. A., Fant, J., Monks, L., Haskins, K. E. 2019. Rare plant reintroduction and other conservation translocations. *In: CPC Best Plant Conservation Practices* (ed.) CPC Best plant conservation practices to support species survival in the wild. Center for Plant Conservation. Escondido, CA, USA. pp: 4-32.
- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology* 27 (1): 177-237.
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=222280](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=222280)
- McLaughlin, S.P. 2000. Properties of paper made from fibers of *Hesperaloe funifera* (Agavaceae). *Economic Botany* 54 (2):192e6.
<https://www.jstor.org/stable/4256290>
- McLaughlin, S.P. 2003. Removing flower stalks increases leaf biomass production in *Hesperaloe funifera* (Agavaceae). *Journal of Arid Environment*, 55, 143-149.
[https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(02\)00256-2](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(02)00256-2)

- Méndez-López, A., Córdoba-Téllez, L., y Sánchez-Vega, M. 2020. El envejecimiento acelerado afecta la calidad fisiológica y bioquímica de la semilla de *Jatropha curcas*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23: 1-10.
<https://www.researchgate.net/publication/340209762>
- Navarro, M., Febles, G. y Herrera, R.S. 2015. El vigor, elemento indispensable de la calidad de las semillas. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49 (4): 447-458.
<http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v49n4/cjas03415.pdf>
- Oliveira, G.L., Dias L.A. dos S., Dias D.C.F. dos S., Soares M.M., da Silva L.J. 2014. Accelerated ageing test to evaluate vigour in *Jatropha curcas* L. seeds. *Revista Ciência Agronômica* v. 45 (1), 120–127
<https://www.scielo.br/j/rca/a/cxxPfn3rgP45rFKNt6VfwZP/?format=pdf&lang=en>
- Padilla, M. 1995. Tratamientos pregerminativos. *In*: Trujillo, E. (ed.). Memoria del Curso Nacional de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales. CATIE-PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-6.
- Perry, D.A. 1984. Manual de métodos de ensayos de vigor. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 56 p.
- Pérez-García, F., Villamil, J.M. 2001. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Hojas Divulgadoras, 2112 HD. España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
<https://www.coiaclc.es/wp-content/uploads/2016/05/Viabilidad.pdf>
- Pukacka, S., Ratajczak, E., Kalemba E. 2009. Nonreducing sugar levels in beech (*Fagus sylvatica*) seeds as related to withstanding desiccation and storage. *Journal of Plant Physiology* 166: 1381–1390.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.02.013>
- Plant List. 2013. The Plant List. A working of list all plants species *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-277921>
- Pozo-Gómez, D.M.P., Orantes-García, C.O., Rioja-Paradela, T.M. R., Moreno-Moreno, R.A., y Farrera-Sarmiento, Ó. 2019. Diferencias en morfometría y germinación de semillas de *Croton guatemalensis*

- (Euphorbiaceae), procedentes de poblaciones silvestres de la Selva Zoque, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 126: 26.
<https://abm.ojs.inecol.mx/index.php/abm/article/view/1384>
- Ramírez, H.M., Niño, R., Aguirre, J.R., Flores, J., De-Nova, J.A. y Jarquín, R. 2016. Seed viability and effect of temperature on germination of *Agave angustifolia* subsp. *tequilana* and *A. mapisaga*; two useful *Agave* species. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 881-888. DOI: 10.1007/s10722-015-0291-x
- Ranal, M. A., y García, D. 2006. How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica* 29(1):1-11.
<https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Roperó, P.S. 2021. Factores bióticos y abióticos del desierto *En: Ecología verde*
<https://www.ecologiaverde.com/factores-bioticos-y-abioticos-del-desierto-3345.html#:~:text=clasificaci%C3%B3n%20y%20ejemplos.-,Factores%20abi%C3%B3ticos%20del%20desierto,la%20luz%20y%20la%20temperatura.>
- Rzedowski, J. 2006. La Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf
- Sánchez, J.A, Orta, R. y Muñoz, B.C. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense* 25: 67-91.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43625107>
- Sánchez, G. A. y Granados, S. D. 2003. Ordenación de la vegetación de la Sierra Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de gradientes ambientales. *Revista Terra Latinoamericana*, 21(3): 311- 319.
<http://www.https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321302>
- Sánchez-Serrano, R. 2010. Aprovechamiento integral del *Hesperaloe funifera* mediante fraccionamiento de sus componentes. Universidad de Córdoba, España. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3511>

- Salinas, A.R., Yoldjian, A.M., Craviotto, R.M., Bisaro, V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36 (2): 371-379.
- Santos-Díaz, M.S., E. Pérez-Molphe-Balch, R. Ramírez-Malagón, H. G. Núñez-Palenius y N. Ochoa-Alejo. 2010. Mexican threatened cacti: current status and strategies for their conservation. pp. 1-60. *In: G. H. Tepper. Species diversity and extinction. Nova Science Publisher. Hauppauge, NY, USA. ISBN: 978-1-61668-343-6.*
<https://www.researchgate.net/publication/285997331>
- Sayers, R. 1982. Pruebas de Germinación y vigor. *En: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN, México. 136 p.*
- Spinola, M.C.M., Cicero, S.M., de Melo, M. 2000. Alterações Bioquímicas E Fisiológicas Em Sementes De Milho Causadas Pelo Envelhecimento Acelerado. *Scientia Agricola*, 57(2): 263–270.
http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n2/v57n2a_11.pdf
- Tarango, A. L. A. 2005. Problemática y alternativas de desarrollo de las zonas áridas y semiáridas de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* Vol. IV, Núm. 2 pp. 17-21
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545052003>
- Tropicos. 2022. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. *Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.
<https://www.tropicos.org/name/Search?name=Hesperaloe%20funifera>
- Ugalde, A. J., Granados, S. D., Sánchez y G. A. 2008. Sucesión en el matorral desértico de *Larrea tridentata* (DC.) Cov. en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México. *Terra Latinoamericana* 26:153- 160.
- Valiente, A. 1996. La conservación de los desiertos: un desafío. Ocelot. *Revista Mexicana de la Conservación PRONATURA*, 48:34–37.
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/01ConservSuelosAridosMontao yMonroyCienciayDesarrollo2000.pdf>
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis, M., M. I. Alcocer, S., M. Cual, D. y C. Sánchez, D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. pp. 161-164.

- Vertucci, C.W. y Roos, E.E. 1993. Theoretical basis for seed storage II, The influence of temperature on optimal moisture levels. *Seed Science Technology* 3: 201-213.
- Villarreal, Q. J.A. 2021. XXIII. Flora de Coahuila. *En: Listados Florísticos de México*. 138 p. <http://www.ibiologia.unam.mx/BIBLIO68/fulltext/lf23.pdf>
- Villavicencio GEE, Cano PA, Castillo QD, Hernández RA y Martínez BOU. 2021. Manejo forestal sustentable de los recursos no maderables en el semidesierto del norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Vol.12 no.spe1 31-63
DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.1083>
- Viveros cinco pinos. 2021. *Hesperaloe funifera*
<https://www.cincopinos.cl/products/hesperaloe-parviflora#:~:text=Planta%20muy%20popular%20en%20xerojardiner%C3%ADa,Familia%3A%20Asparag%C3%A1ceas.>
- Walters, C. 1998. Ultra-dry technology: perspective from the National Seed Storage Laboratory, USA. *Seed Science Research* 1: 11-14.
https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/243/ch04.htm

VII. ANEXO I

Cuadro 7.- Interacción de los tratamientos y tiempo aplicado a las semillas de samandoque (*Hesperaloe funifera* (K. Koch) Trel.).

INTERACCIÓN TRATAMIENTO- TIEMPO																	
PSG	PNP	PPA	PSD	PSM	LMP	LMR	IVG	TSG									
T5 48 h 64	a	T1 24 h 61	a	T1 0 h 11	a	T2 72 h 34	a	T2 48 h 55	a	T4 0 h 1.975	a	T1 48 h 6.200	a	T5 0 h 2.0525	a	T3 72 h 14.2525	a
T1 24 h 63	a	T5 48 h 57	ab	T5 0 h 11	a	T3 72 h 27	ab	T1 0 h 52	a	T5 0 h 1.875	ab	T5 0 h 6.050	a	T5 48 h 1.9000	ab	T2 72 h 12.7025	b
T5 0 h 62	ab	T3 24 h 51	ab	T5 48 h 7	ab	T4 24 h 25	ab	T1 72 h 49	ab	T3 0 h 1.750	abc	T4 24 h 5.925	a	T1 24 h 1.7525	abc	T1 72 h 12.1350	bc
T3 24 h 53	abc	T5 0 r 51	ab	T3 72 h 6	ab	T3 48 h 20	abc	T5 72 h 47	ab	T4 24 h 1.725	abc	T5 72 h 5.700	a	T4 0 h 1.5500	abcd	T4 72 h 11.8025	bc
T1 48 h 51	abcd	T2 24 h 50	ab	T5 24 h 6	ab	T3 0 h 19	abcd	T4 72 h 46	ab	T2 24 h 1.550	abcd	T2 24 h 5.650	a	T2 24 h 1.5200	abcde	T3 48 h 11.0675	cd
T2 24 h 50	abcd	T1 48 h 49	ab	T2 72 h 4	ab	T3 24 h 19	abcd	T3 72 h 45	ab	T2 0 h 1.525	abcd	T2 48 h 5.500	a	T3 24 h 1.4525	abcde	T5 72 h 10.7475	cde
T3 0 h 48	abcd	T3 0 h 46	abc	T2 0 h 3	ab	T1 48 h 16	abcd	T4 48 h 44	ab	T3 72 h 1.500	abcd	T5 48 h 5.375	a	T3 0 h 1.4500	abcde	T2 48 h 9.9525	def
T4 0 h 48	abcd	T4 0 h 45	abc	T4 0 h 3	ab	T1 72 h 16	abcd	T2 0 h 41	ab	T3 24 h 1.475	abcd	T4 0 h 5.300	a	T5 24 h 1.4475	abcde	T3 24 h 9.8800	def
T5 24 h 47	abcd	T5 72 h 45	abc	T1 24 h 2	ab	T4 0 h 15	bcd	T5 24 h 41	ab	T1 0 h 1.450	abcd	T5 24 h 5.125	a	T1 0 h 1.4400	abcde	T4 48 h 9.8300	defg
T5 72 h 45	abcd	T2 0 h 41	abc	T1 48 h 2	ab	T1 24 h 13	bcd	T2 24 h 37	ab	T4 48 h 1.450	abcd	T1 24 h 5.100	a	T1 48 h 1.4275	abcde	T1 24 h 9.4900	efgh
T2 0 h 44	abcd	T5 24 h 41	abc	T3 0 h 2	ab	T4 48 h 13	bcd	T3 48 h 37	ab	T5 48 h 1.425	abcd	T4 72 h 5.025	ab	T2 0 h 1.3850	abcde	T1 48 h 9.2025	fghi
T1 0 h 43	abcd	T4 48 h 40	abc	T3 24 h 2	ab	T4 72 h 13	bcd	T5 0 h 36	ab	T2 48 h 1.250	abcd	T3 0 h 4.925	ab	T4 24 h 1.2575	abcdef	T5 48 h 8.7675	fghij
T4 24 h 40	abcd	T3 48 h 39	abc	T1 72 h 1	b	T2 48 h 12	bcd	T4 24 h 34	ab	T5 72 h 1.250	abcd	T3 48 h 4.900	ab	T4 48 h 1.0900	bcdef	T3 0 h 8.7250	fghij
T4 48 h 40	abcd	T4 24 h 39	abc	T4 24 h 1	b	T2 24 h 11	bcd	T4 0 h 33	ab	T1 24 h 1.225	abcd	T3 72 h 4.850	ab	T5 72 h 1.0825	bcdef	T2 24 h 8.4425	fghij
T3 48 h 39	abcd	T4 72 h 38	abc	T2 24 h 0	b	T5 24 h 10	bcd	T3 0 h 30	ab	T4 72 h 1.150	bcd	T2 72 h 4.650	ab	T3 48 h 0.9175	cdef	T5 24 h 8.3175	ghij
T4 72 h 38	abcd	T1 0 h 32	bc	T2 48 h 0	b	T2 0 h 9	bcd	T2 72 h 29	ab	T5 24 h 1.125	bcd	T3 24 h 4.550	ab	T4 72 h 0.8325	def	T4 24 h 8.2125	hij
T2 72 h 34	bcd	T1 72 h 32	bc	T3 48 h 0	b	T5 48 h 6	cd	T5 48 h 28	ab	T1 48 h 1.100	cd	T4 48 h 4.550	ab	T2 48 h 0.8225	def	T4 0 h 7.9600	ij
T1 72 h 33	cd	T2 48 h 31	bc	T4 48 h 0	b	T5 72 h 6	cd	T1 48 h 27	ab	T3 48hr 1.100	cd	T1 72 h 4.250	ab	T1 72 h 0.7000	ef	T5 0 h 7.8250	ij
T2 48 h 31	cd	T2 72 h 30	bc	T4 72 h 0	b	T1 0 h 3	cd	T3 24 h 27	ab	T2 72hr 1.000	cd	T2 0 h 4.075	ab	T2 72 h 0.6900	ef	T2 0 h 7.7325	ij
T3 72 h 24	d	T3 72 h 18	c	T5 72 h 0	b	T5 0 h 1	d	T1 24 h 22	b	T1 72hr 0.800	d	T1 0 h 2.125	b	T3 72 h 0.4300	f	T1 0h 7.6750	j