

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE  
MAGUEY EN DIFERENTES SUSTRATOS EN ARAMBERRI N.L.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

P R E S E N T A

**LUCERO CLARIBEL MARTÍNEZ PEÑAFLORES**

**ARAMBERRI, N.L.**

**AGOSTO, 2022**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE  
MAGUEY EN DIFERENTES SUSTRATOS EN ARAMBERRI N.L.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

P R E S E N T A

**LUCERO CLARIBEL MARTÍNEZ PEÑAFLOR**

**ARAMBERRI, N.L.**

**AGOSTO, 2022**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE  
MAGUEY EN DIFERENTES SUSTRATOS EN ARAMBERRI N.L.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

P R E S E N T A

**LUCERO CLARIBEL MARTÍNEZ PEÑAFLOR**

**ARAMBERRI, N.L.**

**AGOSTO, 2022**

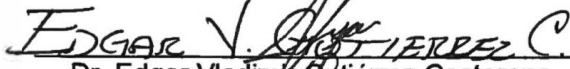
ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL  
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

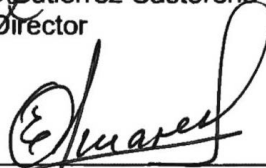
COMITÉ PARTICULAR



Ph. D. Rigoberto Eustacio Vázquez Alvarado  
Director de Tesis



Dr. Edgar Vladimir Gutiérrez Castorena  
Co-Director



Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
Asesor Auxiliar



Dr. Zahid Meza Carranco  
Asesor Auxiliar



M.C. Carlos Alberto Hernández Martínez  
Asesor Auxiliar



Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto  
Subdirectora de Posgrado

## DEDICATORIA

*A Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida y por no dejarme sola durante todo el proceso.*

*A mi hijo Homero Artemio Acosta Martínez, eres el motor de mi vida y mi más grande inspiración, gracias por entender a pesar de tu corta edad todo el esfuerzo que hago por ti, te amo.*

*A mi esposo, Homero Artemio Acosta Luna, gracias por tu comprensión, por el apoyo que diste en cada paso y por el amor maravilloso que me has demostrado durante todo este tiempo. Contigo hasta el final, te amo.*

*A mi familia, a mis padres Enrique Martínez Franco y Perla Esmeralda Peñaflor Martínez por alentarme siempre a cumplir con mis objetivos, gracias por su apoyo durante toda mi vida, gracias por estar siempre que los necesito y en especial gracias mamá, gracias por cuidar de mi hijo, porque sin tu apoyo nada de esto se hubiera logrado, los amo.*

*A mi hermano Enrique Gael Martínez Peñaflor, por apoyarme durante el proceso de mi investigación, por ayudarme en la implementación de mi trabajo y por procurar mi avance, te amo.*

*A mis amigas por sus palabras de aliento y por estar al pendiente de todo el proceso, muchas gracias las quiero muchísimo.*

*A mis cuñados, gracias por escucharme, por el apoyo y consejos que me brindaron durante todo el periodo de mi maestría, los quiero mucho.*

## AGRADECIMIENTOS

*Al CONACYT por haberme otorgado la beca de manutención durante el periodo de mi maestría y la cual me ayudo en el cumplimiento de los objetivos planteados en mi investigación.*

*A la Facultad de Agronomía unidad La Ascensión, por brindarme el espacio y la facilidad para el establecimiento de mi tesis, así como también a la Unidad Académica Marín y a la Facultad de Agronomía Escobedo por permitirme realizar los análisis de laboratorio en sus instalaciones.*

*Al Ph. D. Rigoberto Eustacio Vázquez Alvarado, director de tesis, por su apoyo y atención durante todo mi periodo de maestría, gracias por sus consejos y guía en la realización de la investigación, pero en especial, gracias por la calidad de tiempo y por preocuparse más allá de la relación docente estudiante.*

*Al Dr. Edgar Vladimir Gutiérrez Castorena, co-director de tesis, por sus consejos y aportaciones durante el establecimiento de mi trabajo de investigación.*

*Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz, asesor auxiliar, por su ayuda en el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la investigación, así como también, por sus consejos y atenciones.*

*Al Dr. Zahidd Meza Carranco, asesor auxiliar, por sus consejos, aportaciones y recomendaciones en la elaboración de la tesis y también por su ayuda en la búsqueda de literatura.*

*Al M.C. Carlos Alberto Hernández Martínez, asesor auxiliar, por procurar mi avance, brindarme sus consejos y facilitarme los materiales empleados en el establecimiento de mi investigación.*

*Al M.C. Luis Enrique Espinoza Orozco, por prestarme su cámara reguladora de temperatura, la cual, fue fundamental y de importancia para llevar a cabo mi trabajo de maestría.*

*Al Ing. Fernando Cabreales, trabajador en el laboratorio de la unidad Académica Marín, gracias por apoyarme con su conocimiento en la realización de los análisis pertinentes de mi investigación.*

*A mis compañeros de maestría, gracias por bríndame su amistad, fue un placer compartir esta experiencia con ustedes.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	VIII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	X
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	XIII
<b>ÍNDICE DE APENDICE</b>	XV
<b>RESUMEN</b>	XVI
<b>ABSTRACT</b>	XVIII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 Hipótesis General	2
1.2 Objetivo General	2
<b>2. REVISION DE LITERARURA</b>	4
2.1 Origen del Maguey	4
2.2 Distribución geográfica	5
2.3 Importancia del Maguey	6
2.4 Usos del Maguey	7
2.5 Descripción botánica	8
2.5.1 Genotipos de agave	14
2.6 Propagación de Maguey	16
2.6.1 Reproducción sexual	17
2.6.2 Polinización	17
2.6.3 El murciélago magueyero	19
2.6.4 Germinación	21
2.6.5 Reproducción asexual	22
2.7 Sustratos	23
2.7.1 Peat moss (Turba)	24
2.7.2 Gallinaza	25
2.7.3 Caucho molido	26
2.7.4 Leonardita	28
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	30
3.1 Localización del Experimento	30
3.2 Material vegetal	30
3.2.1 Recolección de semillas de maguey	31
3.3 Tratamientos	33
3.4 Preparación del Área Experimental	38
3.4.1 Bandejas de propagación	38
3.4.1.1 Lavado y desinfección de bandejas	39
3.4.2 Desinfección del sustrato de caucho	39
3.4.3 Limpieza y desinfección de semillas	40
3.4.4 Cámara de germinación	40



3.4.5	Sistema de monitoreo de humedad y temperatura (Placa Arduino)	42
3.4.5.1	Sensor de humedad	42
3.4.5.2	Sensor de temperatura	43
3.4.6	Preparación de sustrato	43
3.4.7	Siembra	44
3.4.7.1	Llenado de las bandejas de germinación	44
3.5	Procesos para análisis en laboratorio	46
3.5.1	Conductividad eléctrica: Extracto de saturación	46
3.5.2	Determinación de nitrógeno	47
3.5.3	Determinación de materia orgánica	48
3.5.4	Determinación de fósforo, potasio, magnesio, cobre, zinc y hierro	49
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	50
4.1	Fase I	50
4.1.1	Número de semillas germinadas	50
4.1.2	Ancho de plántulas	53
4.1.3	Largo de plántulas	55
4.2	Fase II	56
4.2.1	Porcentaje de semillas germinadas	56
4.2.2	Ancho de plántulas	59
4.2.3	Largo de plántulas	61
4.3	Variable temperatura	63
4.3.1	Fase I	63
4.3.2	Fase II	69
4.4	Variable humedad	77
4.4.1	Fase II	77
4.5	Presencia de enfermedades	85
4.6	Análisis de laboratorio	86
5.	<b>CONCLUSIONES</b>	88
6.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	89
7.	<b>APÉNDICE</b>	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Núm.
1.	Distribución geográfica de plantas de maguey en México	5
2.	Representación gráfica del maguey	8
3.	Representación grafica de la ontogenia de las hojas de agave, desde la aparición de las primeras hojas hasta la disminución de las primeras hojas hasta la disminución de tamaño que llega a convertir las pencas en brácteas	10
4.	Fases del desarrollo de las flores de maguey en un tipo de inflorescencia paniculada	11
5.	Representación de la inflorescencia, capsulas y semillas de plantas de maguey	12
6.	Capsulas y semillas de plantas de maguey	12
7.	Etapas fenológicas del maguey	13
8.	Características morfológicas de <i>Agave americana</i>	14
9.	Características morfológicas de <i>Agave salmiana</i>	15
10.	Características morfológicas de <i>Agave montium</i>	16
11.	Representación grafica del porcentaje de visitas de polinizadores en diferentes especies de Agave	18
12.	Murciélagos alimentándose del néctar de la inflorescencia en plantas de maguey.	19
13.	Distribución de especies de murciélagos nectarívoros en México.	20
14.	Fase del proceso de germinación	22
15.	Instalaciones de la Facultad de Agronomía UANL campus la Ascensión, Aramberri, N.L.	30
16.	a) Recolección de semilla en Mina, N.L. b) Plantas de <i>A. asperrima</i>	31
17.	a) Planta de <i>A. gentryi</i> b) Planta de <i>A. scabra</i> .	32

18.	Recolección de semillas en el ejido San Joaquín de Soto, Aramberri, N.L.	32
19.	Representación gráfica del acomodo de tratamientos correspondientes a la Fase 1	35
20.	Representación gráfica del acomodo de tratamientos correspondientes a la Fase 2	35
21.	Croquis de campo de los tratamientos en cámara de germinación para la siembra de la Fase 1	37
22.	Croquis de campo de los tratamientos en cámara de germinación para la siembra de la Fase 2	38
23.	Limpieza y desinfección de bandejas	39
24.	Cámara reguladora de temperatura casera a) Exterior b) interior	41
25.	a) Sensor de humedad b) Sensor de temperatura	42
26.	Siembra en bandejas a) llenado de bandejas con sustrato b) colocación de semillas en las bandejas con sustrato	45
27.	Pesaje de 0.1 g de la muestra de sustrato	47
28.	Digestión de la mezcla en micro Kjeldahl	47
29.	Crisoles dentro de la mufla para su posterior calentamiento	48
30.	Determinación de macro y micronutrientes	49
31.	Semillas germinadas por tratamiento (Fase I)	51
32.	Semillas germinadas por tratamientos (Fase II)	58
33.	Referencia al ancho de plántulas de maguey	60
34.	Referencia al largo de plántulas de maguey	62
35.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de marzo 2021	63
36.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de abril 2021	64
37.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de mayo 2021	65

38.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de junio 2021	66
39.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de octubre - noviembre 2021	69
40.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de diciembre 2021	70
41.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de enero 2022	71
42.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de febrero 2022	72
43.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de marzo 2022	73
44.	Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de abril 2022	74
45.	Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de octubre - noviembre 2021	77
46.	Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de diciembre 2021	78
47.	Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de enero 2022	79
48.	Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de febrero 2022	80
49.	Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de marzo 2022	81
50.	Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de abril 2022	82
51.	Daños causados por <i>Fusarium spp.</i> , en plántulas de maguey	85

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Núm.
1.	Usos y productos tradicionales provenientes de diversas especies de Agaves	7
2.	Características físicas y químicas óptimas que clasifican a un sustrato ideal para la propagación de semillas en bandejas	23
3.	Características generales de las fracciones de las sustancias húmicas	25
4.	Composición de estiércol de gallina	26
5.	Composición química del caucho	27
6.	Lista de alternativas para la reutilización del caucho	28
7.	Composición química de la leonardita	29
8.	Determinación de porcentajes en base a volumen del contenedor (80 cm <sup>3</sup> ) por tratamientos	34
9.	Comparación de medias del número de semillas germinadas por tratamiento	50
10.	Comparación de medias del número de semillas germinadas por genotipo	52
11.	Análisis de varianza para la evaluación del ancho de la planta * tratamiento	53
12.	Análisis de varianza para la evolución del ancho de la planta * genotipo	54
13.	Análisis de varianza para la evaluación del largo de la planta * genotipo	55
14.	Comparación de medias del porcentaje de germinación por tratamiento	56
15.	Comparación de medias del porcentaje de germinación de los genotipos	57
16.	Comparación de medias de la variable ancho de plántulas por tratamiento	59
17.	Comparación de medias de la variable ancho de plántulas por genotipo	60
18.	Comparación de medias de la variable largo de plántulas por tratamiento	61
19.	Comparación de medias de la variable largo de plántulas por genotipo	62
20.	Análisis de varianza para la temperatura (Fase 1)	66

21.	Comparación de medias de los tratamientos para la variable temperatura	67
22.	Análisis de varianza para la temperatura (Fase 2)	74
23.	Comparación de medias de los tratamientos para la variable temperatura	75
24.	Análisis de varianza para la variable humedad (Fase 2)	83
25.	Comparación de medias para la variable humedad (Fase 2)	83
26.	Composición físico – química de los sustratos empleados en la Fase 1	86
27.	Composición físico – química de los sustratos empleados en la Fase 2	87

## ÍNDICE DE APENDICE

Cuadro	Descripción	Núm.
1A.	Importancia social y usos diversos del maguey en la República Mexicana	104
2A.	Base de datos del número de semillas germinadas por tratamiento (Fase 1)	106
3A.	Base de datos del número de semillas germinadas por tratamiento (Fase 2)	107
4A.	Registro de la temperatura durante el mes de marzo 2021	108
5A.	Registro de la temperatura durante el mes de abril 2021	109
6A.	Registro de la temperatura durante el mes de mayo 2021	110
7A.	Registro de la temperatura durante el mes de junio 2021	111
8A.	Registro de la temperatura durante el mes de octubre - noviembre 2021	112
9A.	Registro de la temperatura durante el mes de diciembre 2021	113
10A.	Registro de la temperatura durante el mes de enero 2022	114
11A.	Registro de la temperatura durante el mes de febrero 2022	115
12A.	Registro de la temperatura durante el mes de marzo 2022	116
13A.	Registro de la temperatura durante el mes de abril 2022	117
14A.	Registro de la humedad durante el mes de octubre - noviembre 2021	118
15A.	Registro de la humedad durante el mes de diciembre 2021	119
16A.	Registro de la humedad durante el mes de enero 2022	120
17A.	Registro de la humedad durante el mes de febrero 2022	121
18A.	Registro de la humedad durante el mes de marzo 2022	122
19A.	Registro de la humedad durante el mes de abril 2022	123

## RESUMEN

El género agave es endémico de América, donde el 75 % de genotipos se encuentran en México aproximadamente. Esta noble planta es la base fundamental para la elaboración de aguamiel, pulque, jarabe, mezcal, fibra textil, mixiotes, forraje y usos medicinales (inulina: fibra dietética), sin embargo, la gran popularidad de sus productos ha provocado un aumento en la sobreexplotación de agave silvestre, lo cual reduce la población nativa de maguey y afecta especies que se alimentan de la planta como lo es el murciélago nectarívoro del maguey que ayudan en la polinización. El objetivo de esta investigación fue evaluar el nivel de germinación de semillas de maguey, en diversos sustratos inorgánicos y orgánicos (peat moss - turba, gallinaza y caucho molido), así como, el crecimiento inicial de plántulas con diferentes materiales genético de maguey, para ello se propone desarrollar métodos de germinación de semillas. Esta investigación se realizó en dos fases: la primera consiste en la recolección de semillas de los cultivares *A. gentryi* y *A. scabra* en la región de Aramberri, N.L., además de establecer la primera siembra, utilizando el diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos para 6 cultivares de maguey; los tratamientos fueron: T1: Peat moss (turba) 100 %, T2: Gallinaza 100 %, T3: Peat moss (turba) 50 % + Gallinaza 50 %, T4: Caucho molido 100 % y los cultivares fueron: *A. americana*, *A. montium*, *A. salmiana*, *A. asperrima*, *A. scabra* y *A. gentryi*. Los resultados indican diferencias significativas entre, el tratamiento 4 con el mayor número de semillas germinadas, debido a características de temperatura (25 – 30 °C) y humedad, necesarias para el proceso de germinación, para el número de semillas germinadas por genotipo se observó que los cultivares con el menor tiempo de recolección como *A. scabra* presentan un mayor porcentaje de viabilidad. Fase 2: se realizó el establecimiento de la segunda siembra, utilizando el diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 4 cultivares de maguey como son *A. asperrima*, *A. scabra*, *A. gentryi* y *A. americana*, estos tratamientos recibieron una capa fina de leonardita en la parte superior, los tratamientos fueron: T5: mezcla de peat moss (turba) 75 % + gallinaza 25 % y leonardita, T6: caucho molido y leonardita, T7: base de peat moss (turba) 85 % + gallinaza 15 %, capa intermedia de caucho y



leonardita, T8: base de peat moss (turba) + capa intermedia de caucho y leonardita. Los resultados indican diferencia significativa, en sustratos mejoró las condiciones para la semilla de T8 mostró el mayor porcentaje de germinación, aproximadamente del 50 %, el cual mostró temperaturas con un rango de 25 a 30 °C y humedad de 65 a 85 %.

**Palabras Clave:** caucho molido, semillas germinadas, viabilidad, cultivar y temperatura.

## ABSTRACT

The agave genus is endemic to the America, where approximately 75% of the genotypes are found in Mexico. This noble plant is the fundamental base for the elaboration of sugared water, pulque, syrup, mezcal, textile fiber, mixiotes, forage and medicinal uses (inulin: dietary fiber), however, the great popularity of its products has caused an increase in the overexploitation of wild agave, which reduces the native population of maguey and affects species that feed on the plant such as the nectarivore maguey bat, which helps in pollination. The objective of this research was to evaluate the germination level of maguey seeds in different inorganic and organic substrates (peat moss, chicken manure and ground rubber), as well as the initial growth of seedlings with different genetic materials of maguey, for this purpose it is proposed to develop methods of seed germination. This research was carried out in two phases: the first one consists of the collection of seeds of the cultivars *A. gentryi* and *A. scabra* in the region of Aramberri, N.L., in addition to establishing the first sowing, using the completely randomized experimental design with 4 treatments for 6 cultivars of maguey; the treatments were: T1: Peat moss 100 %, T2: Gallinaza 100 %, T3: Peat moss 50 % + Gallinaza 50 %, T4: Ground rubber 100 % and the cultivars were: *A. americana*, *A. montium*, *A. salmiana*, *A. asperrima*, *A. scabra* and *A. gentryi*. The results indicate significant differences between, treatment 4 with the highest number of germinated seeds, due to temperature (25 - 30 °C) and humidity characteristics, necessary for the germination process, for the number of germinated seeds per genotype it was observed that the cultivars with the shortest collection time as *A. scabra* present a higher percentage of viability. Phase 2: the establishment of the second sowing was carried out, using the completely randomized experimental design with 4 treatments and 4 cultivars of maguey such as *A. asperrima*, *A. scabra*, *A. gentryi* and *A. americana*, these treatments received a thin layer of leonardite on top, the treatments were: T5: mixture of peat moss 75% + chicken manure 25% and leonardite, T6: ground rubber and leonardite, T7: base of peat moss 85% + chicken manure 15%, intermediate layer of rubber and leonardite, T8: base of peat moss + intermediate layer of rubber and leonardite. The results indicate significant difference, in substrates improved conditions for T8 seed showed the highest germination percentage,

approximately 50 %, which showed temperatures ranging from 25 to 30 °C and humidity from 65 to 85 %.

**Key words:** ground rubber, germinated seeds, viability, cultivar and temperature.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Agave es la base fundamental para la elaboración de aguamiel, pulque, jarabe, mezcal, fibra textil, mixiotes, forraje y usos medicinales (inulina: fibra dietética). De los cuales el mezcal es ampliamente conocido por ser una bebida tradicional de México, sin embargo, el aguamiel es uno de los productos alimenticios más eficiente para la salud, sobre todo para los niños (Bautista y Arias, 2008). El agave está clasificado como la base prima de dichas bebidas representativas de México. Además de formar parte de las plantas de mayor importancia cultural y económica para nuestro país.

La planta de maguey está adaptada a condiciones climáticas desfavorables en México, con alto grado de endemismo. En el rango de especies endémicas de México, el agave tiene una relevancia antropogénica desde la época prehispánica.

El maguey puede reproducirse asexualmente y sexualmente; Asexualmente estos, pueden producir descendencia a través de diferentes estructuras como la raíz, la base de la planta, la base de las hojas y en ocasiones también por medio del quiote. La reproducción sexual, en cambio, se realiza mediante la polinización de las flores del quiote, esto produce frutos (cápsulas) y semillas (León y Torres, 2015).

La mayoría de las flores de maguey tienen características asociadas a la polinización por murciélagos, es decir, poseen características atractivas, ya sea por color, olor, tamaño de la flor y tipo de inflorescencia. En muchas especies de maguey, los murciélagos son los principales polinizadores (León y Torres, 2015; Verduzco *et al.*, 2008).

La explotación del maguey en las diferentes comunidades está afectado el ciclo de vida de esta noble planta, por tener menor recuperación de población nativa, el cual provoca que únicamente se exploten los clones o hijuelos, lo que trae por consecuencia una merma en la tolerancia a eventos extraordinarios que se puedan presentar por baja heterogeneidad de una reproducción sexual adecuada. Lo anterior es ocasionado a la baja polinización de los magueyes de la región por los murciélagos melíferos, a los cuales les han modificado la ruta migratoria del cultivo en la región.

La importancia en desarrollar diferentes estrategias de propagación de semilla a través de la reproducción sexual es el propósito de esta investigación determinando el nivel de germinación de semilla en sustratos (tanto orgánicos como inorgánicos) y obtener plántulas para futuras reforestaciones que ayuden a la conservación del murciélago, promuevan la diversidad genética de maguey al proporcionar material para el trabajo de agricultores dedicados a la producción de agave.

### **1.1 Hipótesis General**

Los sustratos orgánicos e inorgánicos aportan nutrientes y temperaturas adecuadas mejorando la germinación de la semilla de maguey, por lo tanto, se podrá establecer que sustrato aporta las mejores condiciones a la germinación de semillas de maguey.

#### **Hipótesis Específicas:**

- La temperatura de los sustratos son un factor determinante en la germinación de la planta de maguey. Los sustratos orgánicos presentan características termodinámicas que estimulan su germinación en comparación a sustratos inorgánicos.
- Los sustratos orgánicos responden a un diferente ritmo de mineralización por lo tanto se podrá encontrar la condición más adecuada para germinar la semilla de maguey.

### **1.2 Objetivo General**

Evaluar el nivel de germinación de semillas de maguey, así como, el crecimiento inicial de plántulas de diferentes materiales de maguey de acuerdo a los sustratos orgánicos e inorgánicos, que estimulen las características físicas y químicas de los mismos.

### **Objetivos Específicos:**

- A. Caracterización en la germinación y desarrollo de las plántulas de maguey, utilizando sustratos orgánicos e inorgánicos, en el crecimiento inicial de las plántulas.
- B. Evaluar la temperatura y humedad que alcanzan los diferentes sustratos de acuerdo a sus procesos de mineralización utilizando un sistema Arduino.
- C. Determinar la composición química de los diferentes sustratos orgánicos e inorgánicos, como indicadores de la mineralización de los mismos.

## 2. REVISION DE LITERARURA

### 2.1 Origen del Maguey

La palabra “maguey” definida por Hernán Cortés (Scheinvar, 2017) se describe a partir del nombre que habitantes de la actual República Dominicana le otorgan a dicha planta. En 1520, en la segunda carta escrita al rey Carlos V, Cortés dice: “venden miel de unas plantas denominadas maguey en otras islas, estas son mucho mejor que el jarabe fermentado con frutas llamado arrope, debido a que, de estas plantas se produce azúcar y vino que asimismo venden”. A la vez este mismo autor Scheinvar (2017) menciona, a Francisco Hernández de Toledo en 1577, que comenta que el maguey tiene gran capacidad de adaptación, señalando que la planta fácilmente proporciona lo necesario para una vida módica y sencilla, al no ser dañada por temporales, sequías o climas extremos.

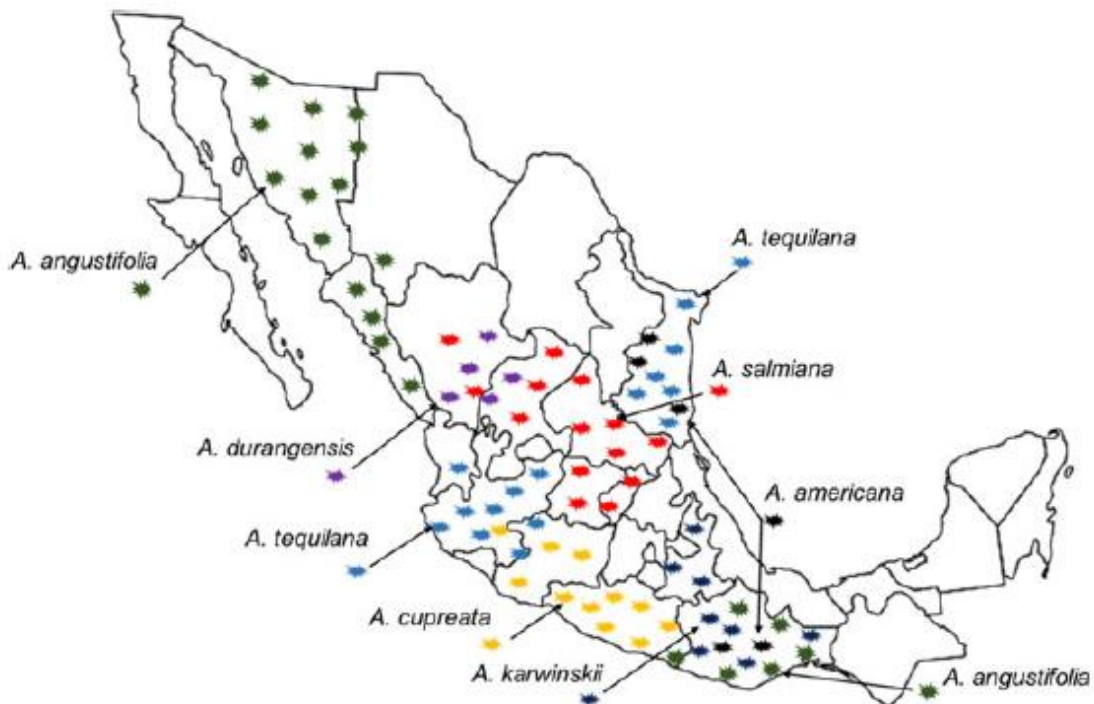
En México, el maguey se considera de suma importancia para pueblos indígenas y mestizos, al constituir la materia prima de diversos productos alimenticios, medicina, combustible, refugio, adorno, fibras, textiles, abono, construcción, implementos agrícolas y especialmente se utiliza en la elaboración de bebidas destiladas como el mezcal y el tequila (Pérez *et al.*, 2016).

Tanto los pueblos indígenas como mestizos ubican a México como el principal centro de domesticación y diversificación de maguey, al iniciar las primeras selecciones vegetales hechas por el hombre en dicha planta, seleccionando aquellas que proporcionaron mejores fibras, aguamiel o altas concentraciones de azúcar. Por tal motivo, se considera a México no solo el país con el mayor número de expresiones morfológicas, filogenética y evolutivas de agave, sino también, donde sus pobladores han aprovechado los beneficios de esta maravillosa planta (Pérez *et al.*, 2016).

## 2.2 Distribución geográfica

El género *Agave* es endémico de América, existen 200 especies aproximadamente registradas en el mundo de las cuales más del 75% se encuentra en México (Lara y Alpuche, 2016; Pérez *et al.*, 2020). El *Agave* tiene una amplia distribución (Figura 1). En zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país, la cual, abarca del sur de los Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela. En México se han reportado 150 especies, de las cuales se ubican en las regiones montañosas del sur de México central, Sierra Madre Occidental, Altiplano Mexicano, Baja California y Sierra Madre Oriental. Los estados con mayor diversidad de especies son: Oaxaca (37), Puebla (31), Sonora (30), Querétaro (26), Durango (25) y Sinaloa (21) (López *et al.*, 2017; Pérez *et al.*, 2016; Pérez *et al.*, 2020).

Contrariamente disminuye en las zonas húmedas y cálidas del sur, por lo que, es notable la escasez en estados como Tabasco, Campeche y Quintana Roo (Pérez *et al.*, 2016).



**Figura 1.** Distribución geográfica de especies de maguey en México (López *et al.*, 2017).



### 2.3 Importancia del Maguey

Los mexicanos y los agaves tienen una relación estrecha desde tiempos prehispánicos. El maguey aporta grandes beneficios a la cultura mexicana, esta planta es considerada sagrada por el pueblo indígena, al involucrar conocimiento y técnicas artesanales que se han desarrollado al paso de los años para producir una gran cantidad de productos a base de agave (Lazcano y Pacheco, 2015; Olvera *et al.*, 2022). El mixiote es alimento de origen prehispánico, se remonta a los mayas, aztecas, otomí entre otras, este alimento tan particular se asemeja a los tamales, sin embargo, su nombre hace referencia a su composición *metl* “maguey” y *xiotl* “película o membrana de la penca” (Torres, 2017).

La importancia ecológica del maguey reside en la alta cantidad de fauna y flora con la cual coexiste, principalmente como especie clave (Esqueda *et al.*, 2011; Good *et al.*, 2006; SNICS, 2017), además es una especie que evita la erosión del suelo, el uso de barreras de piedra y *Agave* reducen los daños causados por dicho fenómeno (SNICS, 2017; Telo, 2017). La tolerancia ecológica que presentan las plantas de maguey se debe principalmente a las propiedades intrínsecas del género como lo es la diversidad genética (Barrientos *et al.*, 2019).

El maguey es utilizado como materia prima para la elaboración de productos que impulsan la economía de las familias mexicanas (Good *et al.*, 2006), en 2016 en México se contaba con 111,420 hectáreas sembradas de agave, las cuales generan miles de empleos (Fonseca y Chalita, 2021; SAGARPA, 2017; SIAP, 2017).

El mezcal y el tequila han aumentado su popularidad considerablemente, a nivel nacional y en el extranjero en los últimos 30 años (Torres *et al.*, 2019), la demandada de tequila en el extranjero se ha incrementado desde el año 2003 en 26 países, como consecuencia en 2016 las exportaciones de dicho producto registraron un valor de 1,203 millones de dólares, mientras que el mezcal obtuvo una ganancia de 26 millones de dólares, el PIB nacional para ese año fue de 1.25 % (SAGARPA, 2017), el Consejo Regulador del Mezcal registrar que en el año 2019 se produjeron 7.4

millones de litros, exportando el 63.5 % y el resto se destinó para el consumo nacional (CRM, 2020).

En la actualidad, de acuerdo con las cifras del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta, la superficie sembrada de maguey mezcalero aumentó en los últimos 10 años, siendo la producción de 303,382 toneladas de piñas y la superficie sembrada se incrementó de 4,700 hectáreas a 5,360 hectáreas (Fonseca y Chalita, 2021; SIACON, 2020).

## 2.4 Usos del Maguey

El maguey ofrece cerca de 100 diversos usos (Cuadro 1), 70 de estos son fuente de empleo para personas que aprovechan las partes de la planta para la elaboración de productos de ornato (Cuadro 1A) o bien, para la elaboración de bebidas destiladas (Barrientos *et al.*, 2019).

**Cuadro 1.** Usos y productos tradicionales provenientes de diversas especies de *Agave* (Esparza *et al.*, 2015).

BEBIDAS	
Destino	Partes de la planta
Agua miel	Piña del maguey
Bacanora	Piña del maguey de sonora
Jarabe	Agua miel concentrada
Pulque	Agua miel fermentada
Miel	Agua miel concentrada
Vinagre	Agua miel fermentada
Aguardiente	Pulque destilado
Mezcales	Piñas del agave tequilero
Atoles	Agua miel

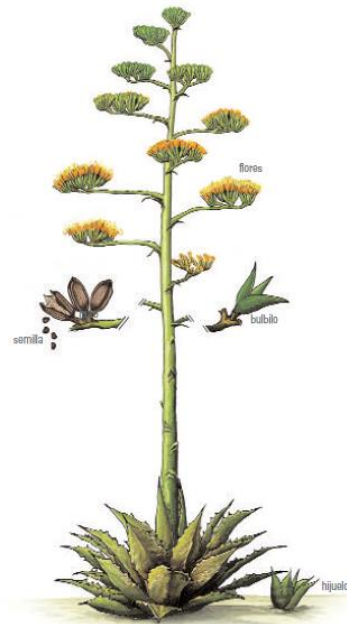
La denominación de origen se otorga para hacer distinción y darle su respectivo reconocimiento a un determinado producto que es originario de una región geográfica del país, además de que sus características y calidad son propias de la zona. México cuenta con la denominación de origen de bebidas elaboradas a base de agave o maguey: **bacanora** de Sonora, **charanda** de Michoacán, **sotol** de Chihuahua,

Coahuila y Durango, **tequila** de Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Michoacán y Tamaulipas; y **mezcal** de Durango, Guerrero, Guanajuato, Michoacán, San Luis Potosí, Oaxaca, Tamaulipas y Zacatecas (Esparza *et al.*, 2015).

## 2.5 Descripción botánica

### TAXONOMIA

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Subreino</b>	Cormophyta
<b>División</b>	Embriophyta
<b>Clase</b>	Angiospermae
<b>Subclase</b>	Monocotiledónea
<b>Familia</b>	Agavaceae
<b>Genero</b>	Agave



**Figura 2.** Representación gráfica del maguey (CONABIO, 2005).

El maguey (Figura 2) se clasifica como planta perenne monocárpica, porque solo florece una vez en su vida y después muere (Ramírez *et al.*, 2014), soporta temperaturas altas, posee una adaptabilidad a zonas áridas y semiáridas. Además, tolera suelos moderadamente salinos con baja fertilidad, su hábitat o nicho es diverso, puede ser desde el nivel del mar hasta 3000 msnm y se encuentra en el matorral xerófilo, bosques caducifolios y en bosques de pino, roble y pino-roble (Porrás *et al.*, 2016; Ríos *et al.*, 2021).

El maguey tiene un tipo de fotosíntesis CAM, la ganancia neta de carbono requiere una menor pérdida de agua (Ríos *et al.*, 2021). Este tipo de fotosíntesis tienen transpiración nocturna, abren sus estomas en la noche, fijan el carbono en ácidos

orgánicos, principalmente ácido málico, que se acumulan en las vacuolas; durante el día el ácido málico es descarboxilado y se obtiene carbono, el cual es utilizado por la planta para la producción de carbohidratos. El metabolismo CAM permite obtener ganancias netas de carbono con una pérdida mínima de agua, permitiendo que las plantas toleren condiciones de calor y sequía extrema, donde, especies comerciales no soportarían, además poseen epidermis cerosa y estomas hundidos para evitar la pérdida de agua (Marone *et al.*, 2022; Ramírez *et al.*, 2014).

### **Características de plantas de maguey:**

#### **Hojas:**

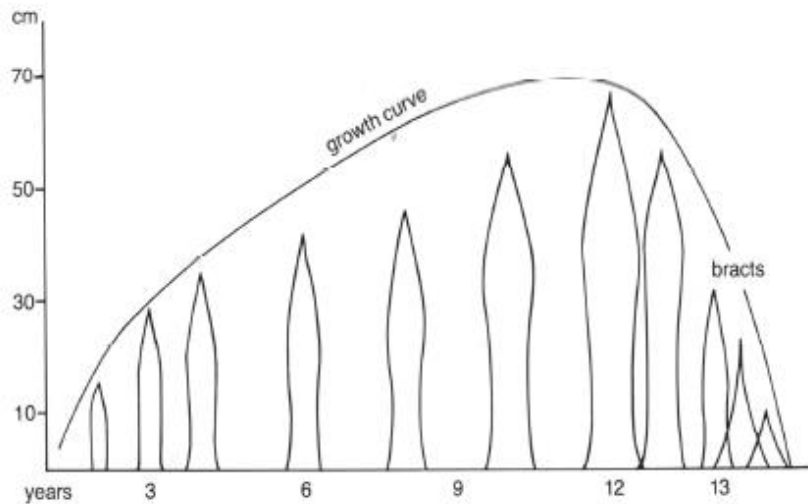
El agave posee hojas gruesas y suculentas (pencas) las cuales se encuentran en forma espiral alrededor del cogollo o cono central, una de las principales características representativas de las pencas es su longevidad debido a que duran de doce a quince años. Las hojas representan una parte fundamental para el desarrollo de la inflorescencia, ya que, son órganos de reserva de nutrientes (Verduzco *et al.*, 2008).

#### **Espinas:**

Las espinas se encuentran en la parte terminal de la penca y en el margen en forma de sierra, su principal función es proteger la planta (Verduzco *et al.*, 2008).

#### **Variaciones ontológicas de las hojas:**

La edad de las plantas de maguey puede ser determinada con base a la forma, color y tamaño de sus hojas, las cuales sufren diferentes transformaciones en respuesta al paso del tiempo (Figura 3) en especial en la etapa de floración, en donde, las hojas nuevas comienzan a reducir su tamaño hasta convertirse en brácteas (hojas originadas sobre el tallo floral) (Verduzco *et al.*, 2008).



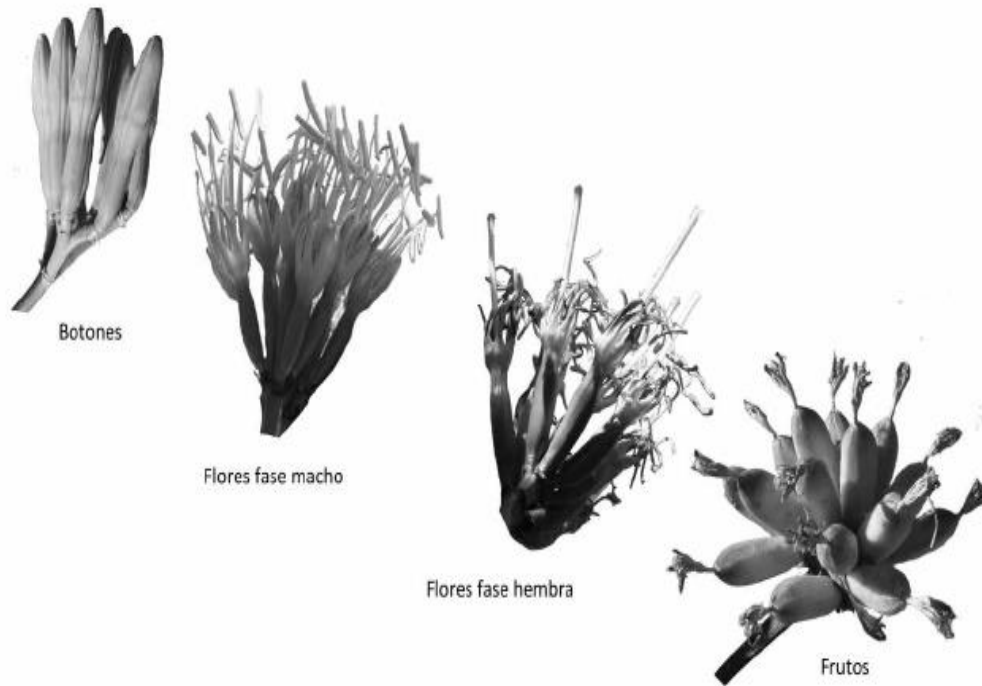
**Figura 3.** Representación gráfica de la ontogenia de las hojas de agave, desde la aparición de las primeras hojas hasta la disminución de tamaño que llega a convertir las pencas en brácteas (Verduzco *et al.*, 2008).

### **Inflorescencia:**

La inflorescencia es un estado de la planta que se observa después de transcurridos varios años (Figura 4), es en forma de racemosa o arborescente. El qurote del maguey puede llegar a producir entre 1,800 y 2,700 flores, de las cuales produce aproximadamente 805,000 semillas (León y Torres, 2015; Verduzco *et al.*, 2008).

### **Flores:**

Las flores se presentan a partir de junio hasta septiembre, son perfectas esto quiere decir que poseen ambos sexos (en el transcurso de una semana una panícula hace la transición desde la condición primordialmente masculina a un estado pistilado femenino) (Figura 4), cuentan con un ovario inferior separado en tres celdas con varios óvulos, seis tépalos que pueden ser iguales o desiguales en una o dos series que, generalmente se unen en la parte inferior en un tubo variable, ya que, puede ser amplio y poco profundo o angosto y profundo (Verduzco *et al.*, 2008).

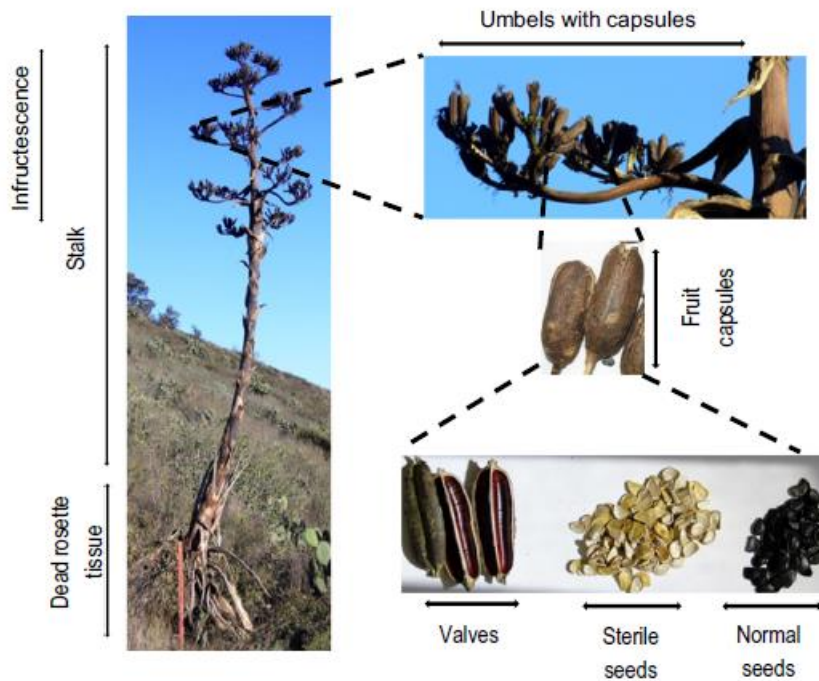


**Figura 4.** Fases del desarrollo de las flores de maguey en un tipo de inflorescencia paniculada. (Illsley y Torres, 2018).

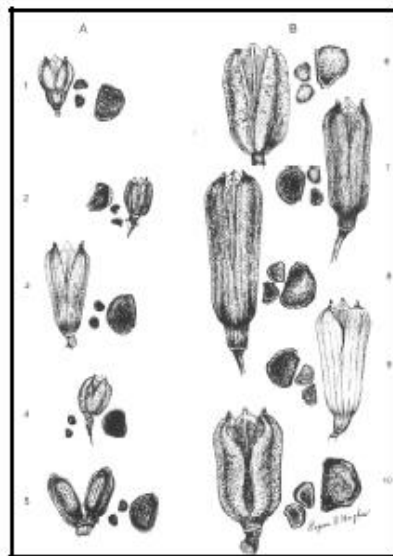
El tiempo que dura la flor abierta es aproximadamente de 6 días, en el primer día se da inicio al desarrollo de seis estructuras masculinas (estambres), en el segundo y tercer día los estambres sueltan el polen, posteriormente, en el cuarto día la parte masculina de la flor muere, es aquí donde comienza la etapa femenina, se abre la estructura denominada estigma, la cual, en el quinto y sexto día se encuentra receptiva en la llegada del polen, finalmente al tardecer del sexto día la parte femenina se marchita (León y Torres, 2015). Las flores miden aproximadamente de 30 a 50 mm de largo, tubulares y marcadamente protándricas de color amarillo verdoso (Barrientos *et al.*, 2019).

**Semillas:**

Las semillas son estructuras reproductoras que permiten la supervivencia del embrión desde que este es separado de la planta madre hasta que da inicio el crecimiento de la plántula (Labrada, 2005).



**Figura 5.** Representación de la inflorescencia, capsulas y semillas de plantas de maguey. (Huerta *et al.*, 2018).



**Figura 6.** Cápsulas y semillas de plantas de maguey (Verduzco *et al.*, 2008).

García (2007) menciona que el fruto es una cápsula; éstas al llegar a la maduración presentan seis columnas dehiscentes loculicidas, las cuales en su interior forman un disco, donde se ubican las semillas (Figura 5), estas son negras y brillantes si son fértiles y en contraparte blanca o cremas si son infértiles, su forma es triangular de unos 5 a 8 mm de largo (Figura 6) y por cada cápsula se producen

aproximadamente 350 semillas de las cuales más del 50 % son fértiles (Granados, 1993; Verduzco *et al.*, 2008).

La mayoría de las semillas caen cerca del maguey madre, sin embargo, fuertes vientos pueden dispersarlas a grandes distancias.

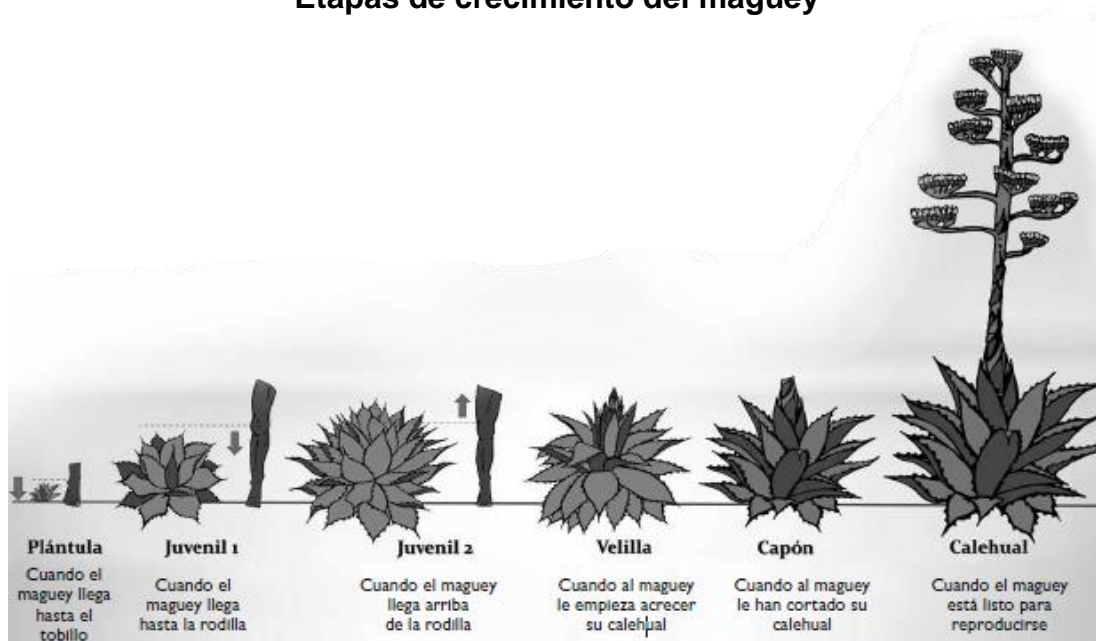
### Tallo:

El tallo varía de acuerdo con la especie, este puede ser acaulescente, es decir, puede ser tan corto que parece inexistente o caulescente, un tallo visible y bien diferenciado (Barrientos Rivera *et al.*, 2019).

### Raíz:

El sistema de la raíz es de tipo superficial, esto permite una mejor absorción de agua, por lo que, la probabilidad de supervivencia de la planta aumenta. Las raíces pueden encogerse radialmente en un 40 % si el ambiente presenta altos niveles de transpiración, las raíces de plantas suculentas como lo es el Agave llegan a encogerse aproximadamente un 20 % después de 4 a 5 días de exposición a una atmosfera con un potencial hídrico de – 10 MPa (North y Nobel, 1997).

### Etapas de crecimiento del maguey



**Figura 7.** Etapas fenológicas del maguey (Illsley y Torres, 2018).



Un Agave o maguey silvestre que inicia su fase reproductiva (ápice del brote adelgazado en su base y hojas más jóvenes más cortas y mostrando espinas negras y brillantes) se llama "brote". Después de la etapa de brote, se elimina el meristemo apical y la planta se considera "castrada". Un año después de la castración, el Agave se considera maduro y listo para ser cosechado (Figura 7) (Pinos *et al.*, 2008).

### 2.5.1 Genotipos de agave

#### ***Agave americana***

*A. americana* se encuentra en el grupo Americanae (Figura 8) propuesto por Gentry (1982), una característica distintiva son sus rosetas de gran tamaño, debido a que llegan a medir hasta dos metros de alto y 2.5-3.0 m de diámetro. Sus hojas son lanceoladas, ligeramente espatuladas, erectas y en ocasiones poco curvadas, acanaladas en el haz, y de superficie ligeramente áspera y margen ondulado, miden 1.5 - 2.0 m de largo y 15 - 25 cm de ancho. Los dientes son rectos o recurvados, miden en la parte media de 0.5 - 1.0 cm de largo, 0.6 - 1.2 cm de ancho; espina terminal de 3.5 - 4.0 cm de largo. Posee un tipo de inflorescencia paniculada. Flores son hipocrateriformes de color verde-amarillentas y miden de 6 - 7.5 cm largo. Las cápsulas miden 4.0 - 5.5 cm largo y 2.0 - 2.5 cm ancho; semillas son de color negro con un tamaño de 9 - 10 mm largo y 7-8 mm ancho (Reynoso *et al.*, 2012).



**Figura 8.** Características morfológicas de *Agave americana* (Reynoso *et al.*, 2012).

## ***Agave salmiana***

La roseta de *A. salmiana* mide 1.5 - 2.8 m de alto y 2 - 5 m diámetro. Sus hojas son ampliamente lanceoladas u oblanceoladas, miden de largo 1 - 2.2 m por 20 - 35 cm de ancho, su color puede ser verde claro, verde-amarillento o verde glauco, las hojas poseen dientes rectos o algo recurvados con un tamaño de 0.5 - 2 cm de largo por 1 - 2 cm de ancho; espina terminal 4 - 8 cm de largo. Tienen un tipo de inflorescencia paniculada, laxa, de 5-9 m alto y sus flores (Figura 9) miden 6 - 9 cm largo con forma infundibuliformes, amarillentas. Por último, sus cápsulas miden de 6 a 7 cm largo por 2 a 3 cm ancho, con semillas de 7-9 mm largo por 5-7 mm ancho de color negro (Reynoso *et al.*, 2012).



**Figura 9.** Características morfológicas de *Agave salmiana* (Reynoso *et al.*, 2012).

## ***Agave montium***

*A. montium* se clasifica como planta perenne, es surculosa con rosetas compactas que miden hasta 1.5 a 2 m de alto y 2 a 2.5 m de diámetro. Cada planta tiene de 50 – 80 hojas, tienen forma lanceoladas, erectas, rígidas, fibrosas, cóncavas,

de color verde-amarillentas y miden de 100 – 120 cm de largo por 9 – 12 cm de ancho en la parte media poseen un margen, los dientes son de tipo rectos que miden de largo 4 – 6 mm por 1.5 – 3 mm de ancho en la base, la espina terminal mide 2.5 – 3.5 cm de largo (Figura 10). La inflorescencia es de tipo racemoso-paniculada de 5.5 – 7 m de alto. Las flores son en grupos de 10 – 20 por umbela, miden de 4.5 – 5 cm de largo son de color verde-amarillentas. Las cápsulas tienen forma oblonga de 3.5 – 4.5 cm de largo por 1.7 – 2.0 cm de ancho. Por ultimo las semillas son aplanadas de color negro de 4 – 6 mm de largo por 3–4 mm de ancho (García *et al.*, 2007).



**Figura 10.** Características morfológicas de *Agave montium* (García *et al.*, 2007).

## 2.6 Propagación de maguey

La propagación del maguey es de manera sexual y asexual, en los dos tipos de reproducción se da origen a un nuevo individuo, sin embargo, en la propagación sexual se produce a partir de un cigoto y en la propagación asexual se forma en meristemas (Arizaga, 1998).

### 2.6.1 Reproducción sexual

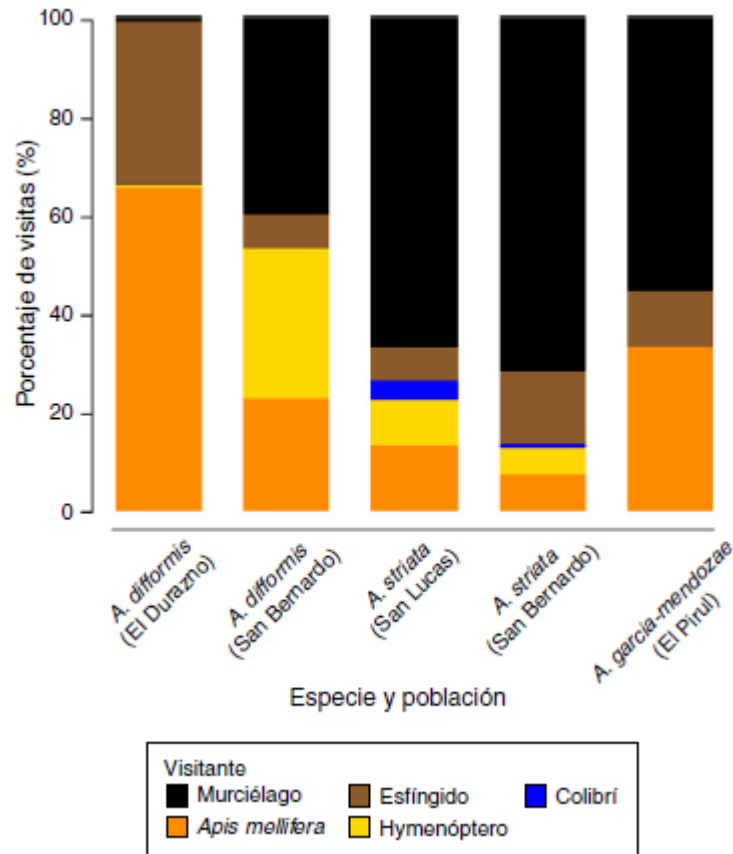
La reproducción sexual es a través de semillas (Illsley y Torres, 2018). La polinización tiene un papel fundamental en la reproducción sexual, debido a que, las semillas son el resultado de la fecundación de las flores, sin embargo, las plantas de maguey propagadas de forma sexual llegan a su maduración a partir de los 10 a 25 años (Arzate *et al.*, 2020; García, 2007; Illsley y Torres, 2018).

### 2.6.2 Polinización

La polinización se define como la propagación de polen de la parte masculina (estambres) hacia la parte femenina (estigma), como resultado se obtienen semillas fecundadas. Este proceso tiene como propósito perpetuar la viabilidad y la diversidad genética de las plantas (García *et al.*, 2016; Pantoja *et al.*, 2014)

Pese a que una flor de maguey tiene órganos sexuales, generalmente ni siquiera se fecunda a ella misma. Cada flor rechaza su propio polen y solo acepta el de otras flores. El néctar que las flores producen resulta muy atractivo para los polinizadores (Jiménez y Cruz, 2011). Molina y Eguiarte (2003) mencionan que los polinizadores varían geográficamente.

Los polinizadores (Figura 11) se dividen en diurnos y nocturnos, los primeros son moscas, abejas, especies de abejorro y avispa, además, diferentes tipos de aves identificadas como colibríes o chupa rosas (*Hylocharis leucotis*, *Lampornis clemenciae*, *Eugenes fulgens* y *Amazilia beryllina*) y una especie de calandria (*Icterus bullockii*). Por la noche, se encuentran hormigas, palomillas y murciélagos, además de ratoncitos de campo, cacomixtles, tlacuaches y animales pequeños que escalan por el qurote para llegar a las flores (Arizaga *et al.*, 2000; Howell y Roth, 1981; León y Torres, 2015).



**Figura 11.** Representación gráfica del porcentaje de visitas de polinizadores en diferentes especies de *Agave* (Trejo *et al.*, 2015).

El propósito de los polinizadores es propagar el polen de las flores para que ocurra la polinización, al entrar en una flor para beber el néctar, el animal pasa entre los estambres, por lo cual su cuerpo se carga del polen. En las próximas flores, embarra en los estigmas el polen, el cual entra a los estilos hasta llegar al fondo y fecundar los óvulos, lo cual desencadena la formación de las semillas (Arizaga *et al.*, 2000; Howell y Roth, 1981; Illsley y Torres, 2018).

A pesar de que existe una lista de diferentes polinizadores de maguey, los murciélagos se consideran el principal y más eficiente polinizador del agave, esto se debe a su tamaño, ya que entra en contacto por completo con todas las partes reproductivas de la flor (Eguiarte y Búrquez, 1987; León y Torres, 2015; Meléndez *et al.*, 2020).

Sin embargo, los visitantes varían de acuerdo a las características y el comportamiento de la especie, así como las características de la flor (Trejo *et al.*, 2015). En Agaves un factor que influye en la especie de polinizador es la inflorescencia, los murciélagos prefieren inflorescencias paniculadas y en las inflorescencias espigadas son insectos, como las abejas y las mariposas (Illsley y Torres, 2018; Molina y Eguiarte, 2003).

### 2.6.3 El murciélago magueyero

Los murciélagos son los principales polinizadores de las plantas de agave o maguey, principalmente los del género *Leptonycteris* (Verduzco *et al.*, 2008), estos murciélagos polinívoros (o nectarívoros) son polinizadores notables (Figura 12), ya que pueden visitar flores en distintas localidades y transportar el polen a grandes distancias —hasta unos 90 kilómetros— polinizando de manera muy eficiente a las plantas (Trejo *et al.*, 2017).

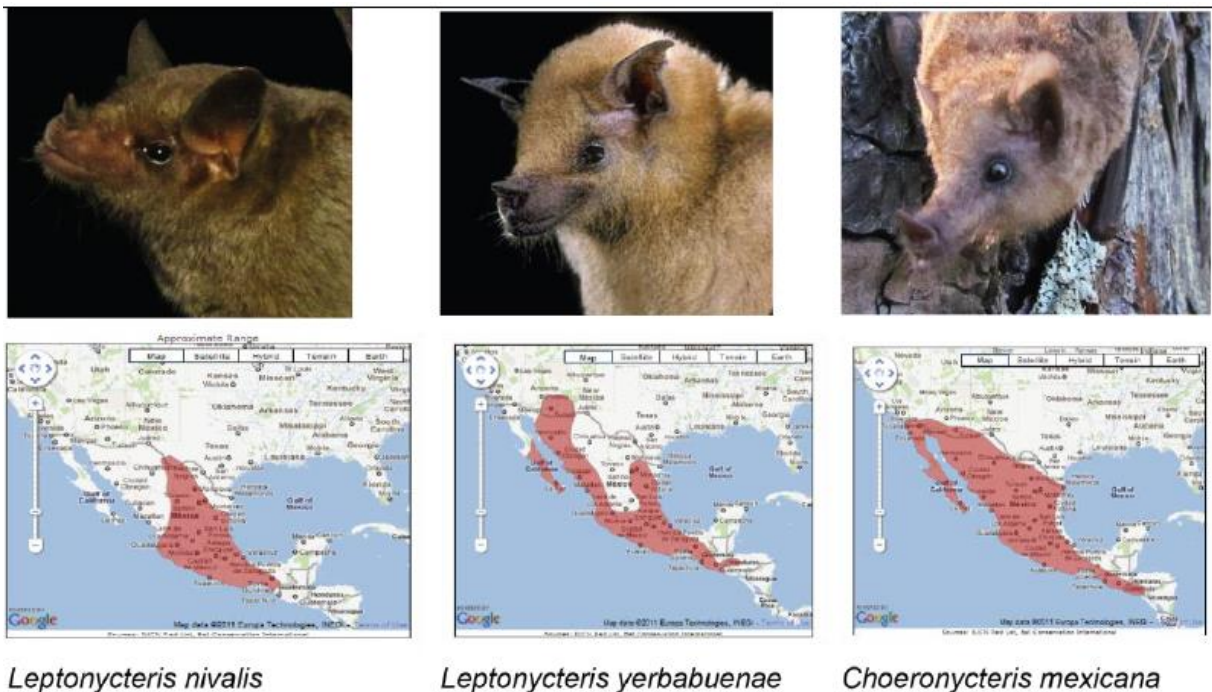


**Figura 12.** Murciélagos alimentándose del néctar de la inflorescencia en planta de maguey (León y Torres, 2015).

León y Torres (2015) mencionan que los murciélagos son polinizadores de excelencia en plantas de maguey, debido a que, sus características morfológicas (tamaño) y su comportamiento, promueve la eficiencia en la polinización. Además de coincidir la ruta migratoria de estos mamíferos con la población de maguey y el tiempo de liberación de polen y la producción de néctar.

México posee el quinto lugar con el mayor número de especies de murciélagos del mundo, debido a que cuenta con 138 especies, los estados con mayor riqueza en México son Coahuila y Nuevo León (Gómez *et al.*, 2015).

Los estados de Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León poseen las siguientes especies de murciélagos nectarívoros (Figura 13): *Leptonycteris nivalis*, *L. yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana* (Gómez, 2019).



**Figura 13.** Distribución de especies de murciélagos nectarívoros en México (Gómez, 2019).

Tristemente, en la actualidad las poblaciones de los diferentes murciélagos nectarívoros se encuentran amenazadas (Trejo *et al.*, 2017). Las principales amenazas para estas especies son las perturbaciones de los refugios, la sobre explotación de

agave silvestre para la producción de mezcal, la pérdida y la fragmentación del hábitat del agave debido al desarrollo agrícola y urbano, y los cambios inducidos por el clima en la frecuencia de incendios y la fenología de la floración (Taylor *et al.*, 2019).

Principalmente, la cosecha de maguey evita la floración, causando así la fragmentación del paisaje, recurso empleado por los murciélagos. Además, se ve afectada la ruta migratoria de los mismos, debido a que, se aumentan los gastos de energía a lo largo de sus rutas migratorias (M. Lear, 2019).

Bat Conservation International (BCI) se ha embarcado en una ambiciosa iniciativa para plantar miles de agaves cerca de los principales refugios de *Leptonycteris* y a lo largo de sus corredores migratorios desde el centro de México hasta el suroeste de los Estados Unidos (Taylor *et al.*, 2019).

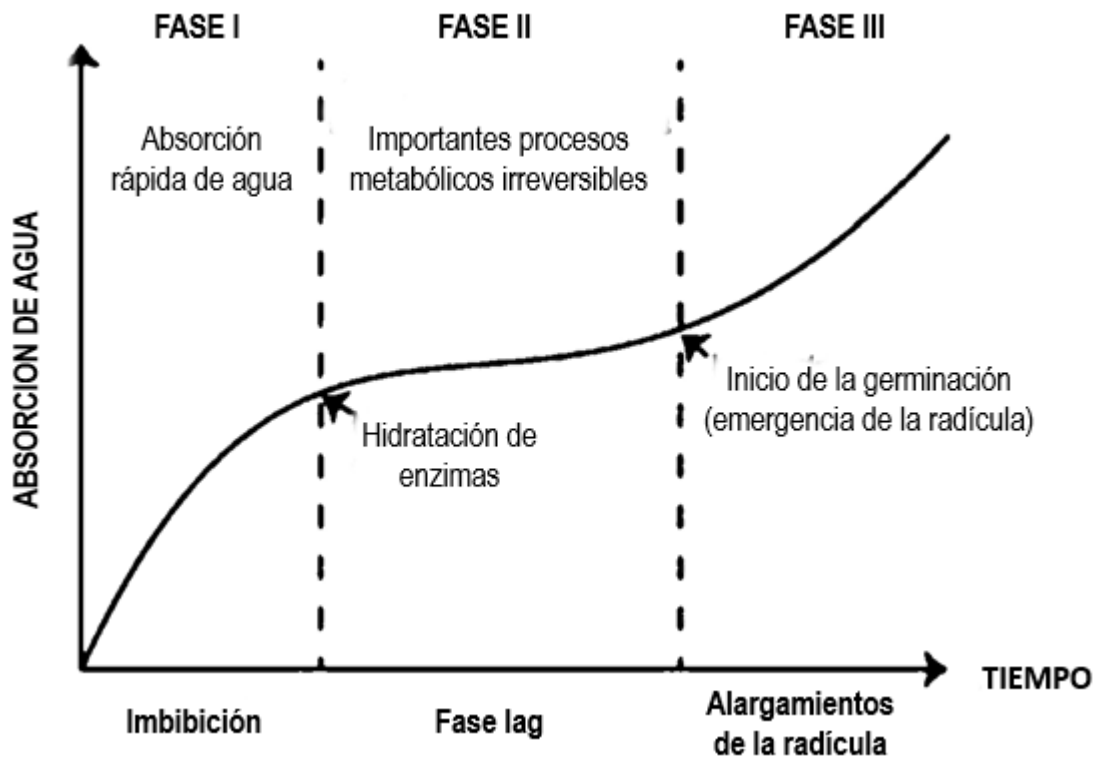
#### **2.6.4 Germinación**

La germinación es el proceso fisiológico a través del cual se reinicia el crecimiento del embrión, inicia con la imbibición de la semilla y finaliza con el crecimiento de la radícula (Figura 14) (Bewley y Black, 1994).

La primera fase de la germinación comienza con la imbibición de la semilla, proceso que varía de acuerdo a la especie, la imbibición se define como el proceso de hidratación de la semilla y el cual se debe a la diferencia del potencial hídrico (mátrico) de la semilla y la solución de imbibición (Pita y Pérez, 1998; Suárez y Melgarejo, 2010).

En la segunda fase comienza la actividad enzimática, así como la de metabolismo respiratorio, movilización y asimilación de las reservas del embrión (Martínez *et al.*, 2015). Esta etapa se caracteriza por disminuir la absorción de agua en la semilla. La tercera fase es de crecimiento, en la cual se aumenta la actividad metabólica y comienza el crecimiento y emergencia de la radícula por medio de las cubiertas seminales (Pita y Pérez, 1998).





**Figura 14.** Fases del proceso de germinación (Martínez *et al.*, 2015).

### 2.6.5 Reproducción asexual

La reproducción asexual o vegetativa, se refiere a la generación de plantas nuevas idénticas a la planta madre, debido a que, solo tienen información genética de ella (Granados Sánchez, 1993).

La propagación vegetativa o clonación, puede presentarse de 3 formas (Arizaga y Ezcurra, 1995):

1. **Bulbillos:** son pequeños brotes aéreos que forman diminutas rosetas en los meristemos de la inflorescencia.
2. **Brotos basales:** son ramificaciones de los meristemos axilares inferiores de la roseta, formando nuevas rosetas que emergen en la periferia de la planta madre y producen raíces adventicias que permiten su crecimiento independiente.

3. Chupones: son brotes producidos a partir de rizomas, es decir, tallos subterráneos originados desde la base de la roseta y los cuales aparecen cerca de la planta madre.

## 2.7 Sustratos

Un sustrato es de consistencia sólida, de síntesis o residual, orgánico o mineral, puro o mezclado, el cual se coloca en un contenedor para brindarle un ambiente idóneo a la semilla y pueda anclar su sistema radical, además brinda soporte a la planta e interviene o no en su nutrición (Abad *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2017).

Las características ideales para un sustrato incluyen pH ligeramente ácido, medio libre de plagas y enfermedades, también que posea valores de porosidad total del 70 %, aireación de 10 % y porosidad de retención de agua de 55 % (Castro *et al.*, 2019).

En el Cuadro 2 se describen las características físicas y químicas que presenta un sustrato ideal para la germinación de semillas.

**Cuadro 2.** Características físicas y químicas óptimas que clasifican a un sustrato ideal para la propagación de semillas en bandejas (Abad *et al.*, 2005).

<b>Propiedad</b>	<b>Intervalo aceptable / óptimo</b>
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	≤ 0.2
Espacio poroso total (% vol)	> 85
Capacidad de retención total de agua (ml/l)	≥ 500
pH (suspensión acuosa 1:6, vol : vol)	5.3 - 6.5
Conductividad eléctrica (mS/cm)	0.151 - 0.5
CIC (meq/100 g)	< 20
<b>Para sustratos orgánicos</b>	
Materia orgánico total (%)	> 80
Relación C/N	20 - 40

En México es común utilizar con mayor frecuencia sustratos con base a tierra de monte, turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), compost de materia orgánica o desechos de jardinería, sin embargo, el desarrollo de nuevas estrategias para la producción de plántula ha dado paso a nuevas alternativas de materiales que puedan ser empleados como sustratos, estos de igual manera le brindan las condiciones ideales a la planta para su germinación.

### **2.7.1 Peat moss (Turba)**

Sustrato principal en el uso de germinación de semillas, debido a que garantiza la calidad y viabilidad de las plantas (Ángeles *et al.*, 2016), el peat moss se acumula en turberas pantanosas, en donde, forma una masa parecida al musgo, su principal característica es la gran capacidad de retención de agua, buena estructura y esterilidad (Hernández *et al.*, 2017; Toledo, 2006)

El proceso para la evolución de dichos materiales es esencialmente microbiano y se divide en dos vías, la mineralización y la humificación. La mineralización se refiere a la transformación de nutrientes de orgánicos a inorgánicos y la humificación es el conjunto de reacciones que originan la formación de sustancias húmicas (Cuadro 3) (Rodríguez, 2015).

En México se utiliza turba rubia principalmente en la producción de plántulas, sin embargo, también es utilizada en mezclas con otros sustratos para producir tomate en invernadero. Algunas de las características de las turbas rubias de acuerdo con Castellanos y Vargas (2009) son: densidad aparente de 0.04 a 0.05 g/cm<sup>3</sup>, espacio poroso de 95 a 97 %, capacidad de aireación 15 a 40 %, porcentaje de agua fácilmente disponible de 25 %, capacidad de retención de agua de 55 a 80 % y capacidad de intercambio catiónico de 100 a 140 me/100 g.

**Cuadro 3.** Características generales de las fracciones de las sustancias húmicas  
(Rodríguez, 2015).

FRACCIÓN DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS			
HUMINAS	ÁCIDOS HÚMICOS		ÁCIDOS FÚLVICOS
<i>PESO MOLECULAR</i>			
10,000,000	100,000	10,000	1000
<i>CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (Cmol(+) kg<sup>-1</sup>)</i>			
100	300	500	1,000
<i>CONTENIDO DE CARBONO (g kg<sup>-1</sup>)</i>			
550	620	560	520
<i>CONTENIDO DE OXÍGENO (g kg<sup>-1</sup>)</i>			
340	290	360	440
<i>CONTENIDO DE NITRÓGENO (g kg<sup>-1</sup>)</i>			
46	55	43	7
<i>RESPUESTA DE LA PLANTA</i>			
BAJA		RÁPIDA	

### 2.7.2 Gallinaza

La gallinaza es un abono orgánico de extraordinaria calidad. Se obtiene de las eyecciones de gallinas y del material usado como cama, se utiliza como abono, debido a que, es conocido por su gran aporte nutricional, el cual depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves, también representa una alternativa de sustratos por la capacidad de anclaje que brinda a las plántulas (Hernández *et al.*, 2017; Toledo, 2006).

La proteína cruda es uno de los nutrientes más inconstantes, debido a que se ve afectado por el nivel de humedad que contiene el material, esto ocurre porque las bacterias presentes en la gallinaza desdoblan el ácido úrico y lo transforman en amoníaco, el cual se evapora. Además, la gallinaza posee un alto contenido de calcio (Cuadro 4), en promedio se registran valores de 6 %, sin embargo, en algunas ocasiones se observan valores del 10 – 12 % (Hernández y Cruz, 1993).

**Cuadro 4.** Composición de estiércol de gallina (Sztern y Pravia, 1999; VERTIA, 2021).

<b>Parámetros</b>	<b>Estiércol Puro</b>	<b>MEYFER Gallinaza procesada</b>
pH	7.9	---
M.O(%)	75	40 - 50
C orgánico	41	---
N (%)	5.09	2 - 3
Relación C/N	8	---
P (%)	3.97	4 – 6.5
K (%)	1.67	3 - 4
Ca (%)	5.6	---
Mg (%)	0.07	1 – 1.6
Na (%)	0.46	---
Fe (ppm)	514	300 - 600
Mn (ppm)	166	500 – 800
Zn (ppm)	170	400 – 600
Cu (ppm)	33	30 – 70
B (ppm)	---	35 - 70

### 2.7.3 Caucho molido

El material elastómero (caucho) se produce en un 65 a 70 % en el mundo, este es empleado en la elaboración de neumáticos, dicha producción es fuente de un gran número de desechos. La producción de residuos de caucho se ha transformado en una inquietud a nivel mundial, debido al gran impacto negativo que provoca en el medio ambiente y en la salud humana. La legislación ambiental aumento el número de exigencias hacia los fabricantes, comercializadores y usuarios, para resolver el problema del manejo post uso de neumáticos y así reducir el número de desechos. La problemática relacionada con los procesos del caucho post consumo y post proceso incentivó a que los gobiernos iniciaran con la formulación e implementación de

regulaciones dirigidas a reducir la contaminación originada por este tipo de residuos (Peláez *et al*, 2017).

En el Cuadro 5 se describe la composición química del caucho según López *et al.*, (2009), quienes mencionan un alto porcentaje de Carbono, así como altos niveles de Cromo y Níquel.

**Cuadro 5.** Composición química del caucho (López *et al.*, 2009).

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Carbono (C)	70
Hidrogeno (H)	7
Azufre (S)	1
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	0.5
Oxígeno (O)	4
Oxido de Zinc (ZnO)	1
Hierro (Fe)	16
Ácido esteárico	0.3
Halógenos	0.1
Ligandos cupríferos	200 mg/kg
Cadmio (Cd)	10 mg/kg
Cromo (Cr)	90 mg/kg
Níquel (Ni)	80 mg/kg
Plomo (Pb)	50 mg/kg

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de las diferentes alternativas post uso del cacho, con el fin de disminuir la cantidad de residuos de dicho material.

**Cuadro 6.** Lista de alternativas para la reutilización del caucho (Peláez *et al*, 2017).

<b>Construcción e infraestructura</b>
Asfaltos, pavimentos y concretos
Pisos para áreas recreativas y superficies deportivas, pisos de piscina, pistas de boliche.
Aisladores sísmicos
Aisladores acuáticos
<b>Cuidado y recuperación del medio ambiente</b>
Tratamientos de agua y soluciones acuosas
Techos ecológicos (verdes)
Fabricación de celdas de combustible para generación de energía.
<b>Materiales compuestos de matriz polimérica para usos diversos</b>
Implementos deportivos
Amortiguadores de impacto en muelles marítimos, almohadillas para rieles y maquinaria industrial.
Industria automovilística: parachoques, guardabarros, tapetes, juntas y sellos de carrocería.
Equipos de minería.
Calzado y vestimenta.
Elaboración de adhesivos y sellantes.
Termoplásticos elastoméricos.

#### **2.7.4 Leonardita**

La leonardita es lignito de carbono (30 – 80 % de C húmico) en forma oxidada de color marrón medio, se recolecta de materiales orgánicos fosilizados que se encuentran a poca profundidad sobre una capa de carbón más compactado. La leonardita posee dos componentes principales, el ácido húmico y el fúlvico. Los principales efectos positivos de aplicaciones de leonardita son la absorción de macro

y micronutrientes, las sustancias húmicas aumentan la actividad de la H<sup>+</sup>-ATPasa de la membrana plasmática de la raíz, lo cual mejora la captación de nitrato y otros nutrientes, contribuyendo al aflojamiento de la pared celular y al agrandamiento de la célula. También mejoran el metabolismo y el rendimiento de los cultivos, debido a que, realizan cambios en la estructura de la raíz a través de las raíces laterales y la producción de pelos (Battista *et al.*, 2017; González *et al.*, 2018).

En el Cuadro 7 se describe la composición química de la leonardita, según Olego *et al.*, (2015), mencionan un porcentaje ácidos húmicos de 30 % y ácidos fúlvicos de 10 %.

**Cuadro 7.** Composición química de la leonardita (Olego *et al.*, 2015).

<b>Parámetros</b>	<b>Humita - 40®</b>
pH	4.50
Materia orgánica (%)	55.0
Ácidos húmicos (%)	30.0
Ácidos fúlvicos (%)	10.0
N (%)	2.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.30
K <sub>2</sub> O (%)	0.80
CaO (%)	3.50
MgO (%)	1.80
C.E. (dS m <sup>-1</sup> )	14.6
Fe (%)	3.50
Cu (g kg <sup>-1</sup> )	63.0
Mn (g kg <sup>-1</sup> )	350
Zn (g kg <sup>-1</sup> )	200
B (g kg <sup>-1</sup> )	65.0
C.I.C (cmol(+), kg <sup>-1</sup> )	96.0
Relación C/N	11.6



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del Experimento

El presente trabajo se estableció en el periodo 2020 – 2022, en el área de laboratorio de las instalaciones de la FA UANL localizada en el Campus La Ascensión (Figura 15) Municipio de Aramberri, Nuevo León, con una ubicación geográfica de 24° 19' 22" latitud Norte, 99° 54' 37" longitud Oeste, con altitud de 1980 msnm (Servicio Meteorológico Nacional, 2018).



**Figura 15.** Instalaciones de la Facultad de Agronomía UANL campus la Ascensión, Aramberri, N.L.

#### 3.2 Material vegetal

Los cultivares utilizados consistieron en semillas colectadas con anterioridad y semillas recolectadas en la región.

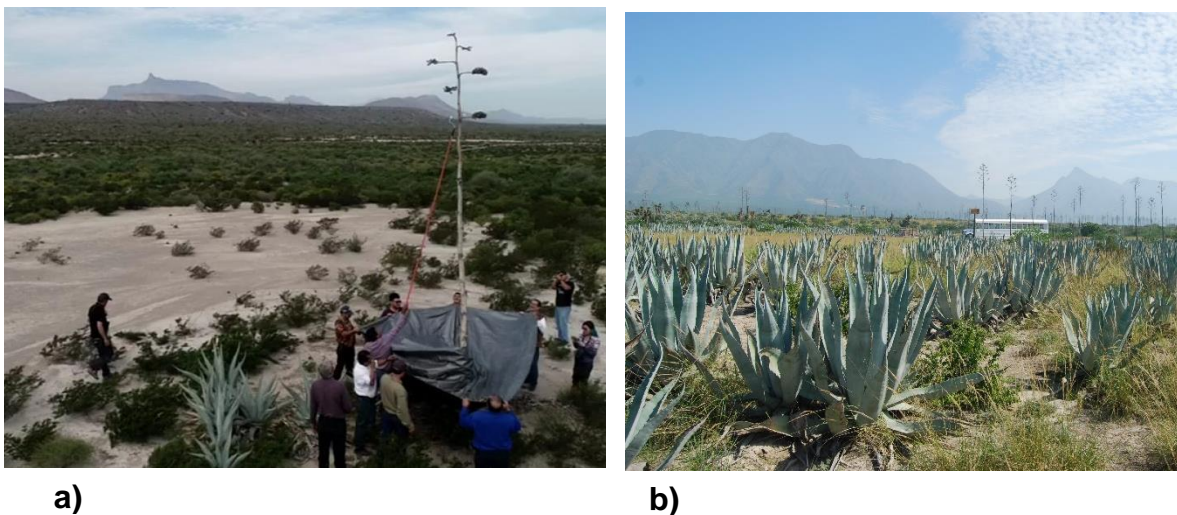
Las semillas ya colectadas corresponden a los cultivares de *A. salmiana*, *A. montium*, *A. americana* y *A. montana*, recolectadas en el estado de Tamaulipas en el año 2018.

Los cultivares *A. asperrima* se recolectaron en el municipio de Mina, N.L durante el mes de octubre del 2019.

Finalmente, se recolectaron semillas de agaves de la región, semillas del cultivar *A. scabra* se recolectaron en la comunidad de La Rosita, Aramberri, N.L. durante el mes de septiembre del 2020 y las semillas de *A. gentryi* se recolectaron en el ejido San Joaquín de Soto, Aramberri, N.L. en el mes de octubre del mismo año.

### 3.2.1 Recolección de semillas de maguey

Mina, N.L. (Coordenadas: 26.000555, -100.530277, Altitud: 5922 m.s.n.m.): El día 25 de octubre del 2019, un grupo de investigadores recolectaron semilla de *A. asperrima* (Figura 16) en la comunidad de Mina, N.L.



**Figura 16.** a) Recolección de semilla en Mina, N.L. b) Plantas de *A. asperrima*.

En el municipio de Aramberri, N.L. se recolectó semilla de maguey en dos ejidos:

San Joaquín de Soto (Coordenadas: 24.236944, -99.913889; Altitud: 2120 m.s.n.m.): El día 6 de octubre del 2020, se colectó semilla de *A. gentryi* (Figura 17a) en cuatro sitios distintos del ejido (Figura 18). Se reunieron aproximadamente 20 frutos, los cuales se abrieron para remover la semilla de su interior y posteriormente se realizó una selección de semillas fértiles, así como también, se limpiaron de cualquier impureza.



a)



b)

. **Figura 17.** a) Planta de *A. gentryi*. b) Planta de *A. scabra*.

La Rosita (Coordenadas: 24.166111, -99.913056, Altitud: 1820 m.s.n.m.): El día 13 de septiembre del 2020 se acudió a la comunidad para la recolección de semilla de *A. scabra* (Figura 17b). Se reunieron 40 frutos aproximadamente, estos se encontraban aun cerrados por lo que se dejaron al aire libre hasta el momento de su apertura (aproximadamente 4 meses después), posteriormente se retiró la semilla para su selección y limpieza.



**Figura 18.** Recolección de semillas en el ejido San Joaquín de Soto, Aramberri, N.L.

### 3.3 Tratamientos

En el Cuadro 8, se pueden observar los factores y niveles de los materiales orgánicos e inorgánicos en diferentes mezclas, que se utilizaron para definir los tratamientos, donde, por su manejo y evaluación de los cultivares se establecieron 2 Fases, los materiales fueron: Peat moss, Abono Gallinaza, Caucho molido y Leonardita, el cálculo fue en porcentaje del volumen del contenedor ( $80 \text{ cm}^3$ ) y su parte correspondiente en gramos, se utilizó la fórmula: densidad aparente = masa / volumen (Agroecology, 2021; Carhuancho, 2012; RENCAL, 2020; Rizo, 2015). Para la evaluación de los sustratos y cultivares, la Fase 1 se conformó de la siguiente forma: tratamiento 1, 2, 3 y 4; la Fase 2 con los tratamientos 5, 6, 7 y 8 (lo anterior por aspectos prácticos de espacio con respecto a la cámara de germinación). Se utilizó el criterio de descartar los tratamientos con menos capacidad de germinación y se formaron diferentes combinaciones de sustratos y cultivares de maguey disponibles, formando un total de 8 tratamientos, lo cual se detalla a continuación.

#### **Descripción de los tratamientos:**

**Fase 1:** Tratamiento 1: Peat moss con los cultivares de *A. gentryi*, *A. scabra*, *A. asperrima*, *A. salmiana* y *A. montium*, Tratamiento 2: Gallinaza con los cultivares de *A. gentryi*, *A. americana*, *A. montium*, *A. scabra* y *A. salmiana*, Tratamiento 3: Peat moss 50% + Gallinaza 50% con los cultivares de *A. salmiana*, *A. montium*, *A. americana*, *A. gentryi* y *A. asperrima*, por último, el Tratamiento 4: Caucho molido con los cultivares de *A. asperrima*, *A. gentryi*, *A. scabra*, *A. montium* y *A. americana* (Figura 19).

En función de los resultados de la evaluación de los cultivares se descartaron por su baja germinación *A. salmiana*, *A. montium*, *A. montana* y en cuanto al comportamiento de los sustratos se determinó continuar con la mezcla de peat moss y gallinaza en diferentes proporciones, así como aplicar los sustratos en capas.

**Fase 2:** Para cada uno de los siguientes tratamientos se utilizaron los siguientes cultivares: *A. americana*, *A. scabra*, *A. asperrima* y *A. gentryi* (Gentry, 1982). Tratamiento 5: Base de la mezcla Peat moss 75 % + Gallinaza 25 % y una capa de Leonardita en la parte superior. Tratamiento 6: Base de Caucho molido + capa de

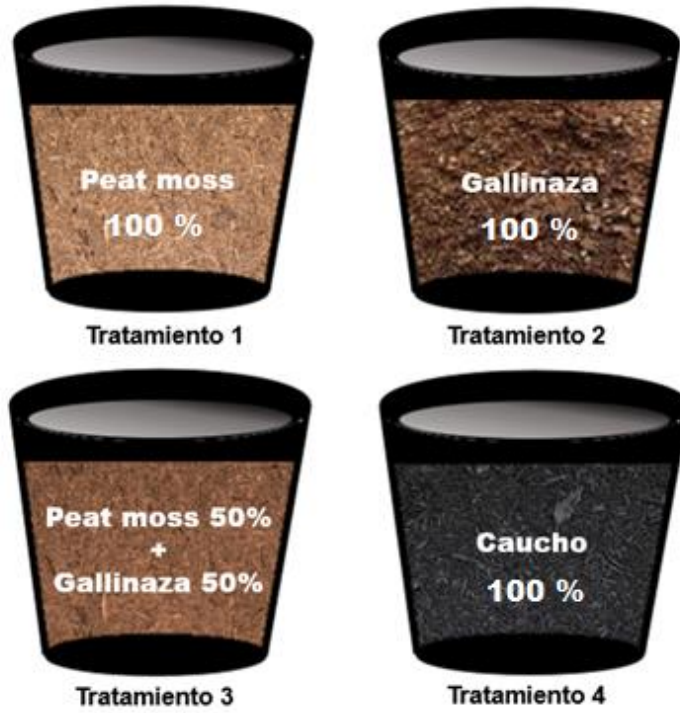
Leonardita, Tratamiento 7: Base de la mezcla Peat moss 85 % + Gallinaza 15 %, capa intermedia de Caucho molido y capa de Leonardita y Tratamiento 8: Base de Peat moss, capa intermedia de Caucho molido y capa superior de Leonardita (Figura 20).

Por el comportamiento del drenaje del Tratamiento 6 se colocó un pequeño recipiente en la parte inferior de este contenedor para mantener humedad suficiente y así mejorar la germinación de las semillas de maguey, este comportamiento no se observó en los demás sustratos.

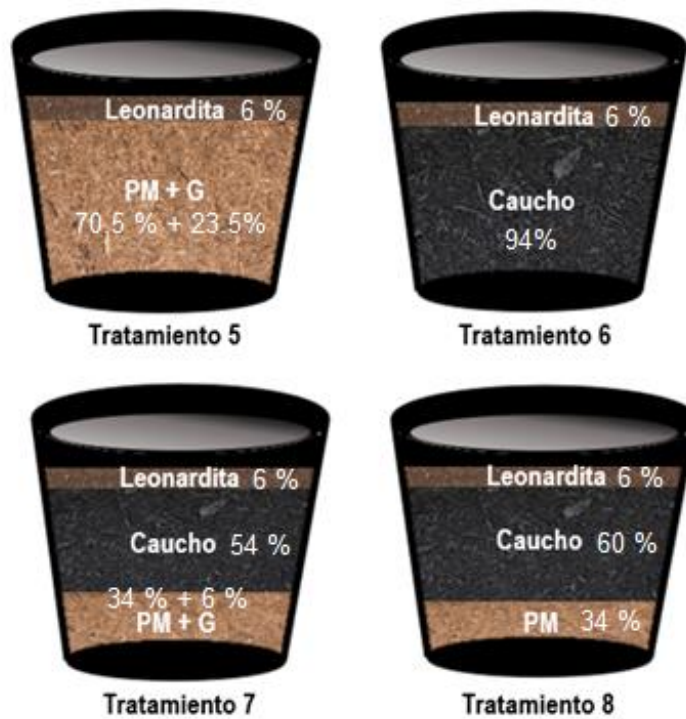
Las fases del proyecto se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar con 5 repeticiones (Figura 21 y 22).

**Cuadro 8.** Determinación de porcentajes de sustratos en base a volumen del contenedor (80 cm<sup>3</sup>) por tratamiento.

Tratamiento	Peat moss		Gallinaza		Caucho		Leonardita	
	%	g	%	g	%	g	%	g
<b>FASE 1</b>								
1	100	8	-	-	-	-	-	-
2	-	-	100	60	-	-	-	-
3	50	4	50	30	-	-	-	-
4	-	-	-	-	100	36	-	-
<b>FASE 2</b>								
5	70.5	5.64	23.5	14.1	-	-	6	2.88
6	-	-	-	-	94	33.84	6	2.88
7	34	2.72	6	3.6	54	19.44	6	2.88
8	34	2.72	-	-	60	21.6	6	2.88



**Figura 19.** Representación gráfica del acomodo de tratamientos correspondientes a la Fase 1.



**Figura 20.** Representación gráfica del acomodo de tratamientos correspondientes a la Fase 2.

**La determinación de éxito en cuanto al % de germinación, los tratamientos fueron evaluados en las siguientes variables:**

- Análisis físicos - químicos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu) de los sustratos.
- Temperatura por tratamiento (sustrato): en la Fase 1, el registro de la temperatura se realizó con ayuda de un termómetro de mercurio, debido a que se contaba con un termómetro este se alternó entre los tratamientos para la toma de lectura. En la Fase 2, se implementó un sistema de monitoreo automático a través de sensores. Ambos registros se realizaron dentro del sustrato.
- Número de semillas germinadas: se contabilizó el total de semillas germinadas respecto al tratamiento.
- Altura de la plántula: se midió la altura con ayuda de una regla milimétrica colocada a partir de la base de la plántula.
- Diámetro de tallo: se midió el grosor del tallo con ayuda de un vernier.

Los tratamientos correspondientes a la primera parte se distribuyeron en 4 bandejas de germinación, para cada tratamiento se utilizaron 5 genotipos, con el diseño completamente al azar y 5 repeticiones (Figura 21), colocando 10 semillas por unidad experimental.

En donde:

V1: *A. americana*

V2: *A. salmiana*

V3: *A. montana*

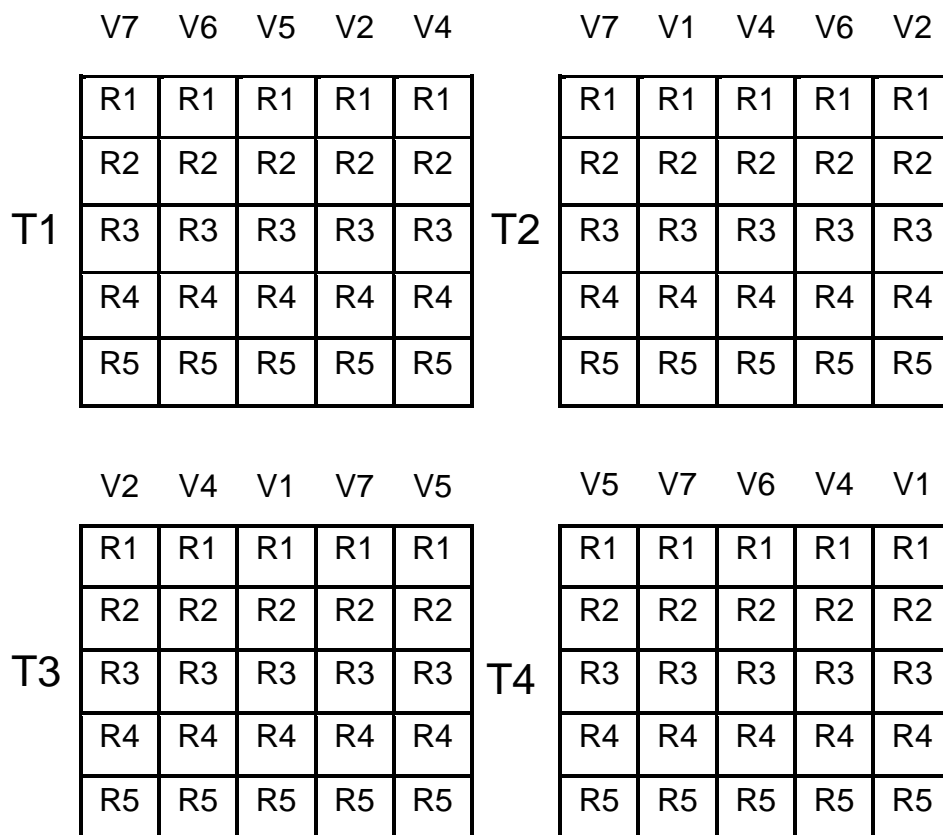
V4: *A. montium*

V5: *A. asperrima*

V6: *A. scabra*

V7: *A. gentryi*

Para el caso del genotipo de *A. montana*, se consideró no utilizarlo en la investigación por problemas con la calidad de semilla.



**Figura 21.** Croquis de campo de los tratamientos en cámara de germinación para la Siembra de la Fase 1.

Para la Fase 2 de la investigación, se utilizaron los últimos cuatro tratamientos y se distribuyeron en 4 bandejas de germinación, en donde, se utilizaron los 4 genotipos más sobresalientes de la Fase 1 pues se tuvieron dos genotipos que su porcentaje de germinación fue casi nulo con 5 repeticiones (Figura 22), colocando 10 semillas por espacio.

Donde:

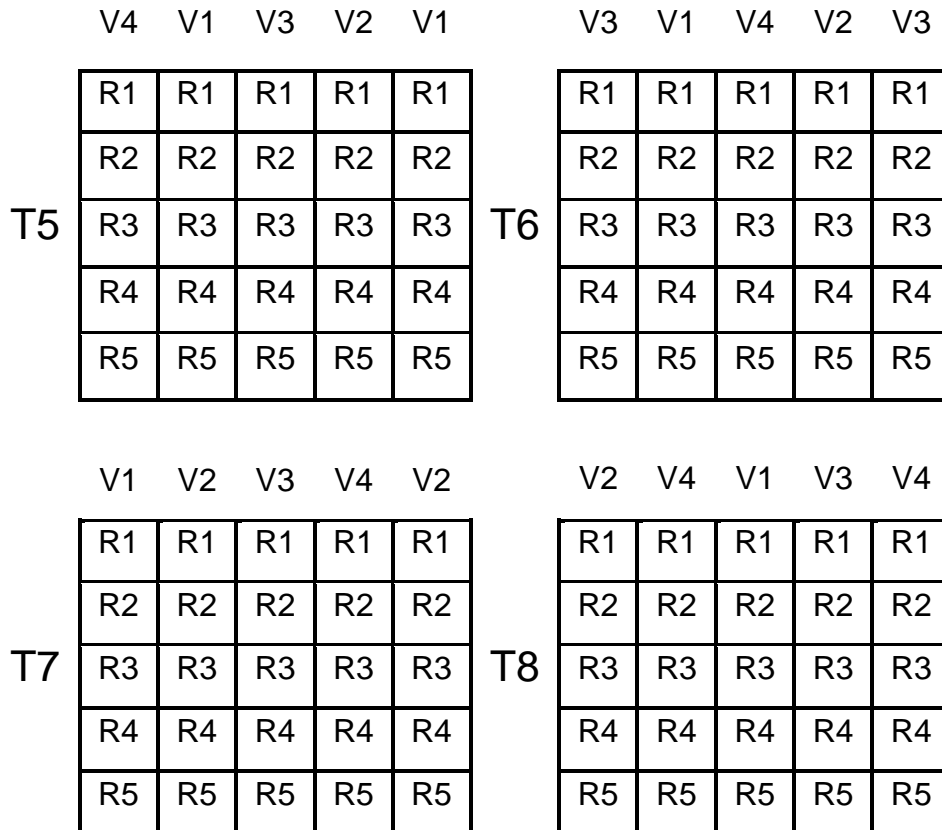
V1: *A. americana*

V3: *A. scabra*

V2: *A. asperima*

V4: *A. gentryi*





**Figura 22.** Croquis de campo de los tratamientos en cámara de germinación para la Siembra de la Fase 2.

### 3.4 Preparación del Área Experimental.

#### 3.4.1 Bandeja de Propagación

La bandeja de germinación o charolas tienen como objetivo permitir la propagación de especies bajo condiciones protegidas, además de propiciar una circulación óptima del aire, ayudan en la reducción de enfermedades y plagas en etapas críticas como lo es la germinación. La germinación en bandejas garantiza un mayor éxito en el cultivo ya que al momento del trasplante la planta ya cuenta con soporte y un incremento en el número de raíces, además de la obtención de plantas en diversas épocas del año.

Para el establecimiento del presente trabajo se utilizaron bandejas de germinación con las siguientes características: elaborada en poliestireno negro con 38 cavidades, con dimensiones de 52.5 cm por 26 cm por 6 cm de altura y 5.5 cm de diámetro del alveolo.

#### **3.4.1.1 Lavado y desinfección de las bandejas**

La limpieza y desinfección de las bandejas de propagación es indispensable para eliminar residuos de siembras anteriores, evitando así la propagación de enfermedades y plagas.

Las bandejas de propagación se lavaron y desinfectaron (Figura 23) a base de una solución compuesta por 90% de agua y 10% de hipoclorito de sodio (Cloralex). Se realizó una limpieza profunda de los espacios de las bandejas para posteriormente ser sumergidas en la solución antes mencionada, al finalizar se dejaron de 30 a 60 min bajo el sol.



**Figura 23.** Limpieza y desinfección de bandejas.

#### **3.4.2 Desinfección del sustrato de caucho**

El sustrato de caucho se limpió de cualquier residuo ajeno a este, se enjuagó en agua hasta que estuviera completamente limpio. Posteriormente, se preparó una tina de agua adicionada con gotas de Cloralex, donde, se sumergió el sustrato,

después se escurrió y se secó al sol. Por último, el caucho se enjuagó en una solución de fungicida en relación de 3 gramos por Litro (g/L).

### **3.4.3 Limpieza y desinfección de semillas**

Las semillas se desinfectaron con el propósito de reducir el nivel de patógenos presentes y así garantizar una germinación adecuada. La desinfección se llevó a cabo con base a la metodología presentada por Reyna Morales (2020), la cual, se modificó de acuerdo con las necesidades de la investigación:

- 1) Selección de semillas: las semillas se sumergieron en agua en un lapso de 2 horas y se descartaron las semillas flotantes.
- 2) Las semillas se lavaron en agua con jabón durante 10 min, se enjuagaron en agua purificada (3 veces o hasta retirar el jabón) para después colocarlas en bolsas de polipropileno perforadas.
- 3) Se preparó una solución fungicida en relación de 3 g/L, las semillas se sumergieron y se aplicó movimiento durante 15 min resultando 30 min de movimiento y 1 hora 30 min de reposo, finalmente se enjuagaron en agua purificada.
- 4) Las semillas enjuagadas se sumergieron inmediatamente en una solución de desinfección compuesta por 100 ml de alcohol etílico aforado a un litro, se agitaron durante 15 min / 5 min de reposo y se escurrieron para enjuagarlas en agua purificada.
- 5) Finalmente las semillas se agitaron durante 10 min en una solución de Cloralex al 10% durante 10 min, se enjuagaron 2 veces con agua purificada y por último se realizó un enjuague en agua destilada.

### **3.4.4 Cámara de germinación**

La cámara de germinación tiene como propósito proporcionar las condiciones ideales para la germinación con base en el control de la temperatura y humedad.

El principio de las cámaras de germinación es que el ambiente no pierda humedad, ya que se limita el movimiento del aire. Al evitar que disminuya la humedad

se evita que el sustrato baje su temperatura por evaporación lo cual ayuda a mantener el rango de temperaturas para la germinación de acuerdo con lo requerido (Lardizábal, 2007). La cámara crea un microclima que disminuye el tiempo de germinación, se debe tener las condiciones adecuadas y espacio suficiente en su instalación, esto permite tener niveles óptimos de oxígeno, humedad, luminosidad y temperatura.

En la presente investigación se utilizó la cámara reguladora de temperatura para diferentes usos (Figura 24), elaborada por el Maestro en Ciencias Luis Enrique Espinoza Orozco.

Algunos de sus usos son:

- Germinación de semillas,
- Secado de plantas e
- Incubadora de huevo.

Las dimensiones de la cámara son:

- Exterior: 66.3 x 64.3 x 61 cm
- Interior: 61 x 61 x 58.2 cm



a)



b)

**Figura 24.** Cámara reguladora de temperatura. a) Exterior, b) Interior.

### 3.4.5 Sistema de monitoreo de humedad y temperatura (Placa Arduino)

Para identificar el comportamiento de la humedad y temperatura de cada uno de los sustratos durante la Fase 2, se utilizó el sistema automático Arduino, donde se registraron datos cada hora desde el mes de octubre 2021 hasta el mes de abril 2022, con el objetivo de revisar si uno de los sustratos podría afectar la germinación de las diferentes semillas de los cultivares utilizados, con este sistema se generaron 2200 datos por variable para cada tratamiento.

El sistema Arduino se desarrolla con base a una placa electrónica con flexibilidad de hardware y software que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, al cual, se le pueden realizar conexiones sencillas de diferentes sensores útiles en el monitoreo de humedad y temperatura dentro del suelo o sustrato (Fernández, 2020).



**Figura 25.** a) Sensor de humedad. b) Sensor de temperatura.

#### 3.4.5.1 Sensor de humedad

El Sensor de humedad (Figura 25a) de suelo (v1.2) para medir el porcentaje de humedad en el suelo o sustrato, se aplica el principio de capacitancia entre electrodos.

El electrodo se encuentra cubierto por una capa de protección anticorrosión para alargar la vida útil del dispositivo (no se oxida como el sensor resistivo).

El funcionamiento del sensor consiste en medir la capacitancia entre 2 electrodos introducidos dentro del material, la capacitancia entre los electrodos está relacionada con la cantidad de humedad del suelo o sustrato, por lo cual, en un material muy húmedo se tendrá una capacitancia muy baja y en cambio en un material muy seco la capacitancia será muy alta.

#### **3.4.5.2 Sensor de temperatura**

El funcionamiento del sensor consiste en que dentro de él se lleva a cabo la conversión analógica para facilitar el resultado a través de una interfaz digital llamada 1-wire. El sensor de temperatura (Figura 25b) tiene dos presentaciones el encapsulado y el tipo sumergible, sin embargo, el primero es el más común. De acuerdo con el proyecto se debe elegir el modelo, para la presente investigación se utilizó el sensor encapsulado que posee un envoltorio estanco que permite sumergirlo en líquidos, el tubo es acero inoxidable de 6mm de diámetro por 30 mm de largo.

#### **Procesamiento de datos:**

Los datos obtenidos se organizaron en el programa Excel, posteriormente se realizaron promedios de la temperatura o humedad por día y se agruparon por mes, con el fin de facilitar el análisis estadístico de dichos valores.

#### **3.4.6 Preparación de sustratos**

Las mezclas de los sustratos se establecieron de acuerdo con los tratamientos mencionados, en este caso una mezcla de Peet moss y Abono: Gallinaza (50% - 50%; 75% - 25% y 85% - 15%). Los porcentajes de las mezclas de sustratos en los tratamientos se realizaron en base a volumen con las medidas ya mencionadas. Los tratamientos combinados con caucho y leonardita, el acomodo dentro de la bandeja de germinación se realizó en capas siendo así para el T5: base de mezcla de Peat moss (PM) + Gallinaza (G) + capa superior de Leonardita (L); T6: base de Caucho (C)

+ capa superior de L; T7: base de mezcla PM + G, capa intermedia de C + capa superior de L y T8: base de PM, capa intermedia de C + capa superior de L.

### **3.4.7 Siembra**

Para determinar el número de semillas a sembrar y garantizar una adecuada germinación es necesario considerar la viabilidad de la semilla. Cuando se tiene un porcentaje de germinación superior al 90% se recomienda sembrar una semilla por cavidad; si la germinación varía de 70 a 90%, sembrar dos semillas y si es de 50 al 70% sembrar tres semillas por cavidad (Prieto *et al.*, 2012).

La profundidad de la siembra es un factor que determina el éxito de la germinación, ya que, al propiciar una siembra muy profunda retarda la emergencia de la plántula y una siembra superficial implica la salida de la raíz y su secamiento. La profundidad de siembra se determina de acuerdo al tamaño de la semilla, esta debe ser de 2 a 3 veces el largo de la misma, para el establecimiento del proyecto la semilla se colocó a 1.5 cm de profundidad, se determinó que para cada cavidad de la bandeja de propagación se colocaran 10 semillas, una vez realizado esto se procedió a cubrir los espacios sembrados con el sustrato correspondiente.

#### **3.4.7.1 Llenado de las bandejas de germinación.**

El llenado de las bandejas de propagación se realizó manualmente, mediante el siguiente procedimiento:

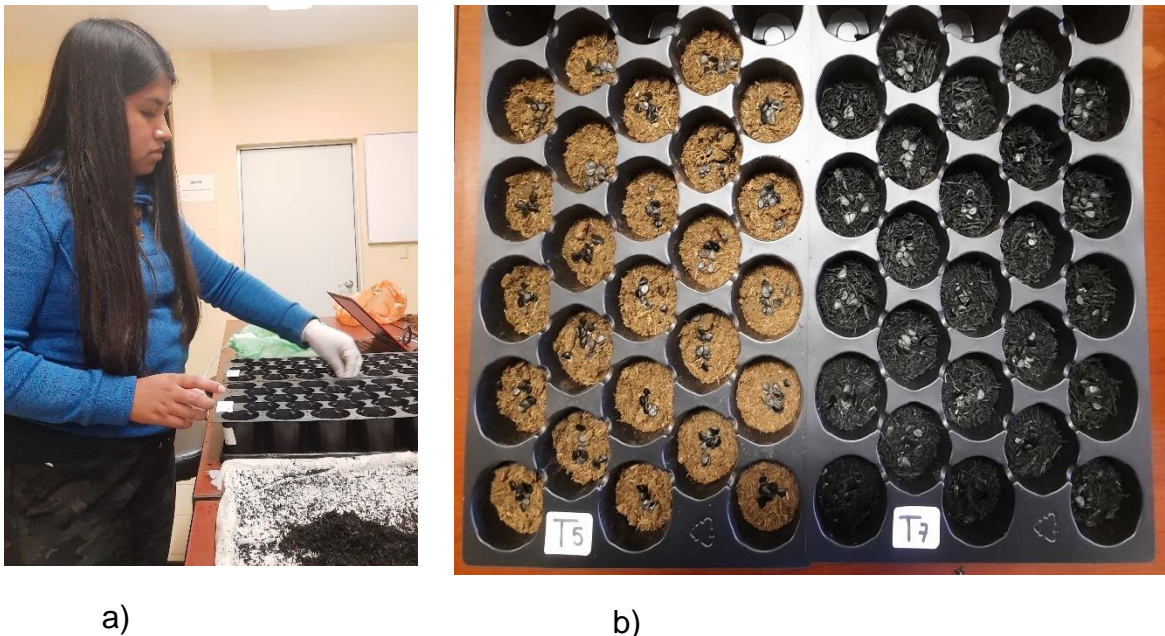
- a) Se colocó una cantidad considerable de sustrato sobre la caja de germinación y se distribuyó en todas las cavidades de manera uniforme hasta llenar  $\frac{3}{4}$  del espacio (Figura 26a), se colocaron las semillas aproximadamente a 1.5 cm de profundidad (Figura 26b).
- b) Las semillas sembradas se cubrieron en su totalidad con el sustrato correspondiente.

### Siembra de la Fase I:

Las bandejas de germinación se ingresaron a la cámara reguladora de temperatura el día 13/03/2021, la cámara se calibró a  $26^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa de 16%, El primer riego se realizó el día de la siembra (características del agua: Temperatura =  $40^{\circ}\text{C}$ , TDS= 0.37 mS y pH= 6.0).

### Siembra de la Fase II:

El día 29/10/2021 se ingresaron las bandejas de los tratamientos correspondientes a la fase dos, la cámara se calibró a  $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa de 30%.



**Figura 26.** Siembra en bandejas a) llenado de bandejas con sustrato, b) colocación de semillas en las bandejas con sustrato.

La densidad de siembra por bandeja fue de 10 semillas por unidad experimental con 5 repeticiones por cultivar (por cada bandeja se utilizaron 5 genotipos), dando un total de 250 semillas sembradas / bandeja.



## **Riego**

La frecuencia de riego se determinó con base a las necesidades de la planta. El primer mes se aplicó riego cada tercer día, considerando la abundancia de agua para el proceso de imbibición de la semilla, asegurando su correcta germinación y a partir de un mes y medio de germinar la primera semilla, se realizaron aplicaciones de riego cada 8 o 15 días, debido a la baja necesidad de agua por parte de las plantas. Además, se aplicó fertilizante 17-17-17 a partir del segundo mes en dosis de 2.8 g por litro de agua.

Los datos obtenidos se analizaron en el programa estadístico SPSS, para la comparación de medias se utilizó el método de Tukey ( $\alpha$  0.05).

### **3.5 Procesos para Análisis de Laboratorio**

Los tratamientos utilizados se desglosan en materiales principales, los cuales son:

Peat moss, gallinaza, leonardita y caucho molido.

Los materiales utilizados en la investigación se analizaron en laboratorio, para lo cual se realizaron las mezclas correspondientes para cada tratamiento, se tomó una muestra de 200 gr, esta, se trituró en una licuadora convencional durante 1 min, este procedimiento se realizó para cada muestra con la finalidad de facilitar los métodos empleados en el laboratorio.

#### **3.5.1 Conductividad eléctrica: Extracto de saturación.**

En un vaso de 400 ml se pesaron 200 gr de la muestra colectada, posteriormente se agregó agua destilada a velocidad lenta y con ayuda de la espátula se mezcló hasta alcanzar la condición de saturación, la cual se logró cuando la pasa brillaba reflejando la luz. Después de que se llegó a saturación se cubrió con el vidrio

reloj y se selló para dejarla reposar de 6 a 12 horas. En caso de que la pasta haya perdido humedad se agregó agua y se mezcló de nuevo. Seguido de esto, en un embudo Buchner se colocó un filtro Wathman No. 40 bien humedecido y se coloca la pasta, se aplica vacío y se colecta el extracto en un matraz o frasco. Finalmente se anota la lectura de conductividad.

### 3.5.2 Determinación de Nitrógeno

De la muestra de sustrato molido se pesó 0.1 gr y se colocó en un matraz Kjeldahl de 100 ml (Figura 27), al cual, se le adicionó 1 gr de mezcla catalizadora más 8 perlitas de vidrio y 3 ml de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla se colocó en el micro Kjeldahl durante 45 min, la digestión de la mezcla se revisó cada 15 min hasta cumplir 45 min (durante la digestión es recomendable en cada chequeo realizar movimientos de rotación al matraz) (Figura 28). Completa la digestión se agregó al matraz 100 ml de agua destilada cuidadosamente.



**Figura 27.** Pesaje de 0.1 g de la muestra de sustrato.



**Figura 28.** Digestión de la mezcla en micro Kjeldahl.

Posteriormente para el proceso de destilación, en un matraz Erlenmeyer de 200 ml se colocó 30 ml de ácido bórico al 4% y 6 gotas de indicador rojo de metilo y verde

de bromocresol, este, se colocó en la parte inferior de la parrilla y se introdujo en el matraz el tubo inferior del refrigerante, también en un matraz Kjeldahl de 500 ml se colocó la mezcla obtenida en la digestión más 6 granallas de zinc y 20 ml de Hidróxido de sodio al 40% (el NaOH se agrega por el cuello del matraz cuidadosamente), para comenzar con el proceso de destilación se preparó la parrilla y se colocó el tapón de hule en el matraz (se agita en círculos el matraz hasta observar un poco de burbujeo, este no debe efectuarse sin asegurar correctamente el tapón) y se coloca en la parrilla la cual se ajusta a fuego bajo.

Cuando se obtuvo entre 100 y 150 ml del extracto, se apagó la mecha, se bajó el matraz y se colocó un matraz con 100 ml de agua purificada para el enjuague del sistema de destilación. Finalmente se concluyó con el proceso de titulación.

### 3.5.3 Determinación de Materia orgánica

La cantidad de materia orgánica se determinó en base a diferencias de peso. En un crisol se pesó 1 g de la muestra de sustrato (se recomienda realizar 3 repeticiones por tratamiento) y se calentó en la mufla durante 4 horas a partir de 550 °C (Figura 29).



**Figura 29.** Crisoles dentro de la mufla para su posterior calentamiento.

Se dejó enfriar el material y con ayuda de la balanza se registró la diferencia de peso antes y después del calentamiento, quedando como resultado la cantidad de cenizas, por lo que se asume que la cantidad de material faltante corresponde a la materia orgánica.

### 3.5.4 Determinación de Fósforo, Potasio, Magnesio, Cobre, Zinc y Hierro

Para la obtención de la solución extractora se utilizaron las muestras obtenidas en el proceso de la determinación de materia orgánica, estas se humedecieron y se les aplicó 2 ml de ácido clorhídrico (HCl), después, se colocaron en la plancha hasta evaporar el ácido. Después, se preparó el filtro de papel Whatman 110 mm No. 1 humedeciéndolo y colocándolo en el embudo.

A las muestras se les aplicó 25 ml de HCl al 1N, se mezcló muy bien la solución y se vertió a través del embudo en los frascos de extracción (Figura 30). Finalmente se realizó la lectura de las diluciones en el espectrofotómetro.



**Figura 30.** Determinación de macro y micronutrientes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Fase 1

#### 4.1.1 Número de semillas germinadas

Los datos del número de semillas germinadas (Cuadro 2A, valores reales de base de datos) se transformaron por el método de raíz cuadrada, con el fin de analizar estadísticamente los datos.

**Cuadro 9.** Comparación de medias del número de semillas germinadas por Tratamiento.

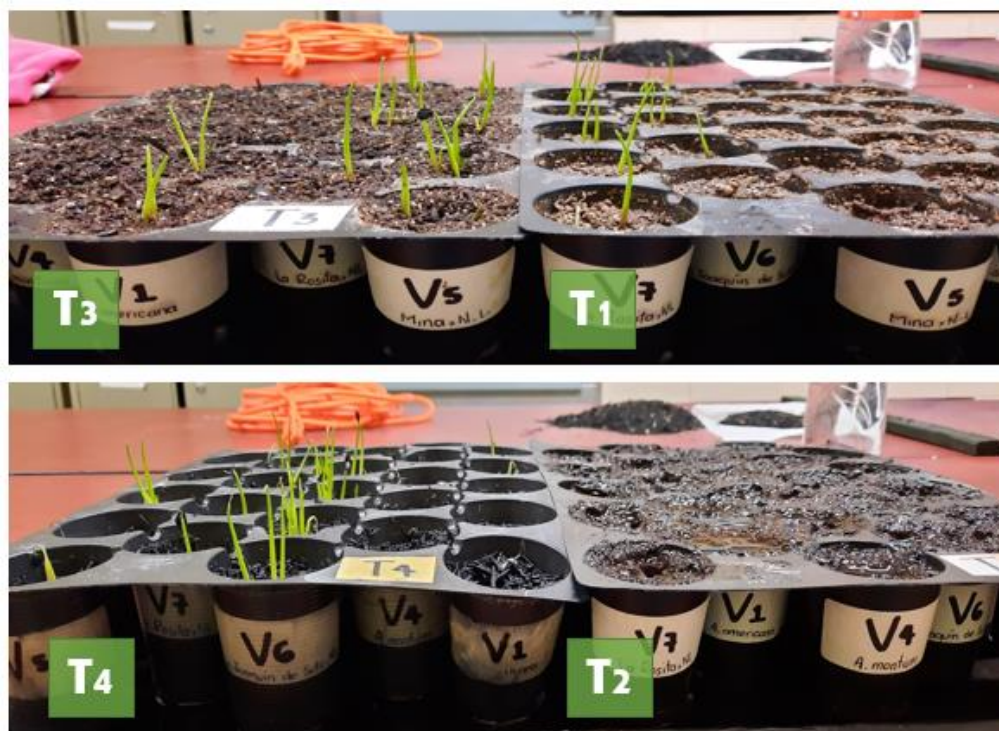
Tratamiento	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	1.410 a	0.063	1.284	1.536
2	1.000 b	0.063	0.874	1.126
3	1.402 a	0.063	1.276	1.528
4	1.572 a	0.063	1.446	1.698

En el Cuadro 9 se describe el análisis estadístico para el número de semillas germinadas por tratamiento en la primera fase de la investigación (Figura 31), el análisis mostró diferencia significativa entre tratamientos, encontrando que el T4 compuesto por caucho molido obtuvo el mayor número de semillas germinadas (1.572) comparado con los otros tratamientos. En cambio, el T2 compuesto por gallinaza obtuvo un nulo o bajo número de semillas germinadas.

En relación con el presente trabajo, no existen referencias sobre la germinación de semillas de maguey en sustratos de peat moss + gallinaza, caucho molido y gallinaza. Sin embargo, Sánchez *et al.*, (2017) investigaron el crecimiento inicial de agaves silvestres en sustratos y tratamientos pregerminativos, utilizaron como

sustratos bagazo de agave composteado, cosmopeat y suelo, observaron que el porcentaje de plantas emergidas en el material de cosmopeat fue de 28.6 %, lo cual es opuesto a lo encontrado en la presente investigación.

De acuerdo con Torres *et al.*, (2016), la gallinaza presenta un alto rango de pH, así como, valores elevados de C.E. y RAS, por lo cual es un material con un alto riesgo de salinidad. Lastiri *et al.*, (2017), reportan una disminución en la absorción de agua durante la fase de imbibición en respuesta al efecto de salinidad en la germinación, debido a que, inhibe la activación de la semilla. Lo cual concuerda con lo registrado en la presenta investigación al presentar un nulo porcentaje de germinación en gallinaza como sustrato.



**Figura 31.** Semillas germinadas por tratamiento (Fase I): T1: peat moss, T2: gallinaza, T3: peat moss 50 % + gallinaza 50 % y T4: caucho molido.

**Cuadro 10.** Comparación de medias del número de semillas germinadas por genotipo.

Tratamiento	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	1.402 a	0.082	1.239	1.565
2	1.028 b	0.082	0.865	1.191
4	1.062 b	0.071	0.921	1.203
5	1.461 a	0.082	1.298	1.624
6	1.618 a	0.082	1.455	1.780
7	1.537 a	0.071	1.396	1.678

El análisis estadístico para el número de semillas germinadas por genotipo se describe en el Cuadro 10, donde, *A. scabra* (6) mostró el mayor número de semillas germinadas, seguido por *A. gentryi* (7) y *A. aspérrima* (5), estos 3 genotipos mostraron mejor viabilidad debido al corto tiempo de almacenamiento, en cambio *A. salmiana* (2) y *A. montium* (4) fueron semillas con un tiempo de almacenaje superior a un año, lo cual, probablemente explica el bajo porcentaje de germinación.

La diferencia en cuanto al número de semillas germinadas entre las variedades pueden deberse a los diversos sitios de origen, así como a la antigüedad de la semilla. Ortiz *et al.*, (2018) concuerda con lo anteriormente mencionado ya que caracterizaron semillas de *A. potatozum* así como la capacidad germinativa, y observaron que de acuerdo al origen de la semilla cambia sus dimensiones físicas y su capacidad de germinación.

Otro factor es el tiempo de almacenamiento, como lo mencionan Langlé *et al.*, (2017) quienes evaluaron el efecto del tiempo de almacenamiento y la viabilidad de la

semilla de *A. potato* y determinaron que al paso de 24 meses de almacenamiento solo presentan el 4% de viabilidad.

#### 4.1.2 Ancho de plántulas

Durante el establecimiento de la Fase 1, se registró el ancho de las plántulas, los datos se analizaron respecto al tratamiento y al genotipo.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza para la evaluación del ancho de la plántula \* tratamiento.

Tratamiento	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	1.400 <b>c</b>	.149	1.097	1.703
3	2.508 <b>a</b>	.130	2.243	2.774
4	1.967 <b>b</b>	.134	1.693	2.241

En el Cuadro 11 se describe el análisis de varianza, en donde se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0.000$ ). La comparación de medias mostró que el tratamiento compuesto por 50% de peat moss y 50% gallinaza (T3) fue superior al resto de tratamientos, seguido del tratamiento de Caucho molido (T4) y con el menor tamaño el tratamiento de Peat moss (T1). Los genotipos también fueron diferentes en cuanto al ancho de las plantas ( $p=0.005$ ).

El ancho de las plántulas está estrechamente relacionado con la clase de genotipo implementado, sin embargo, las condiciones que el sustrato le proporcione a la planta son determinantes para su comportamiento.

Los resultados coinciden con la investigación realizada por Navidad (2014) quien observó el efecto de peat moss en el diámetro del tallo de plántulas de tomate con resultados en medidas mayores a 1.0 mm. Sin embargo, no coinciden con lo reportado por Martínez y Bautista (2017), en su investigación mencionan que el efecto



de cosmopeat incrementó en promedio 28.56% el diámetro de tallo en semillas de agave.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para la evaluación del ancho de la plántula \* genotipo.

Genotipo	Media mm	Error estándar.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	1.708 <b>b</b>	.178	1.344	2.072
2	1.000 <b>c</b>	.467	.047	1.953
4	1.750 <b>b</b>	.286	1.166	2.334
5	1.822 <b>b</b>	.158	1.499	2.145
6	2.000 <b>ab</b>	.170	1.652	2.348
7	2.325 <b>a</b>	.125	2.069	2.581

Genotipos: 1. *A. americana*; 2. *A. salmiana*; 4. *A. montium*; 5. *A. asperrima*; 6. *A. scabra* y 7. *A. gentryi*.

En el Cuadro 12 se describe la comparación de medias del ancho de las plantas, donde, se encontró que los genotipos con mayor tamaño en cuanto al ancho son *A. gentryi* y *A. scabra*. El genotipo de *A. gentryi* superó a los genotipos de *A. asperrima*, *A. montium*, *A. salmiana* y *A. americana*. Alfaro Rojas *et al.*, (2007) en su investigación mencionan que la diversidad de genotipos presenta diferencias marcadas para la variable ancho de plantas, lo que concuerda con lo encontrado en la presente investigación.

### 4.1.3 Largo de plántulas

El análisis de varianza para el largo de plántulas por tratamiento mostró que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para la evaluación del largo de la plántula \* genotipo.

Genotipo	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	2.796 b	.383	2.014	3.578
2	2.900 b	1.003	.851	4.949
4	3.750 ab	.614	2.496	5.004
5	3.159 b	.340	2.465	3.854
6	3.673 b	.366	2.925	4.421
7	4.775 a	.270	4.224	5.326

Genotipos: 1. *A. americana*; 2. *A. salmiana*; 4. *A. montium*; 5. *A. aspérrima*; 6. *A. scabra* y 7. *A. gentryi*.

En el Cuadro 13 se describe el análisis de varianza para el largo de las plantas, en donde, se encontró diferencia significativa entre los genotipos, encontrando que el mayor tamaño de plantas medido a través del largo fue el genotipo de *A. gentryi*, seguido de *A. montium*; el resto de los genotipos no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Bautista *et al.*, (2017) mencionaron en su investigación sobre el efecto de diferentes fertilizantes durante el crecimiento de genotipos de agave, que al transcurso de 6 meses después de la aparición de la hoja verdadera, las plántulas alcanzan una altura de 4.47 a 5.40 cm en *A. potatorum* Zucc, lo cual resulta opuesto a lo reportado

en la presente investigación, sin embargo, este efecto se atribuye a la aplicación de fertilización.

## 4.2 Fase 2

### 4.2.1 Porcentaje de semillas germinadas

Los datos del porcentaje de semillas germinadas se transformaron por el método de Arcoseno, con el fin de normalizar la distribución de los datos y estabilizar las varianzas, donde se analizaron por bandeja de un total de 250 semillas.

**Cuadro 14.** Comparación de medias del porcentaje de germinación por Tratamiento.

Tratamiento	Media %	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
5	43.66 <b>b</b>	4.692	34.27	53.05
6	45.83 <b>a</b>	4.389	37.05	54.61
7	34.51 <b>b</b>	5.541	23.42	45.60
8	49.75 <b>a</b>	5.346	39.05	60.44

De acuerdo con los datos obtenidos durante la Fase 2 (Cuadro 3A), en el Cuadro 14 se describe la comparación de medias para el porcentaje de germinación por tratamiento, donde se encontró diferencia significativa entre tratamientos, encontrando que el Tratamiento 6, (Caucho + Leonardita) y el Tratamiento 8 (base de peat moss + Caucho + Leonardita), presentan el mayor porcentaje de germinación comparados con el resto de los tratamientos con 49.75 y 45.83 % respectivamente (Figura 32).

El efecto de la combinación de los diferentes sustratos tuvo un efecto positivo en el aumento del número de semillas germinadas, para el Tratamiento 8, se evidencia el efecto de retención de humedad por parte del peat moss, así como, el

comportamiento de la temperatura por parte del caucho molido, por lo cual se deduce que el mejoramiento de las condiciones de ambiente para el proceso de germinación aumenta el porcentaje de semillas germinadas, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, que menciona que los sustratos aportan diferentes condiciones para estimular la germinación.

Ortega *et al.*, (2010), mencionan en su investigación que el porcentaje de germinación alto que se presenta en peat moss se debe a las características físicas y químicas que posee, en donde destaca su alta retención de humedad, porosidad y la baja conductividad eléctrica.

Flores *et al.*, (2021) concuerdan con lo antes mencionado, ellos encontraron que la germinación de semillas de agave en MS resulta ser efectiva, teniendo un porcentaje de germinación de 82.5%, debido a que, proporcionar las condiciones ideales para la estimulación de la germinación en semillas de agave resulta en un número elevado de semillas emergidas.

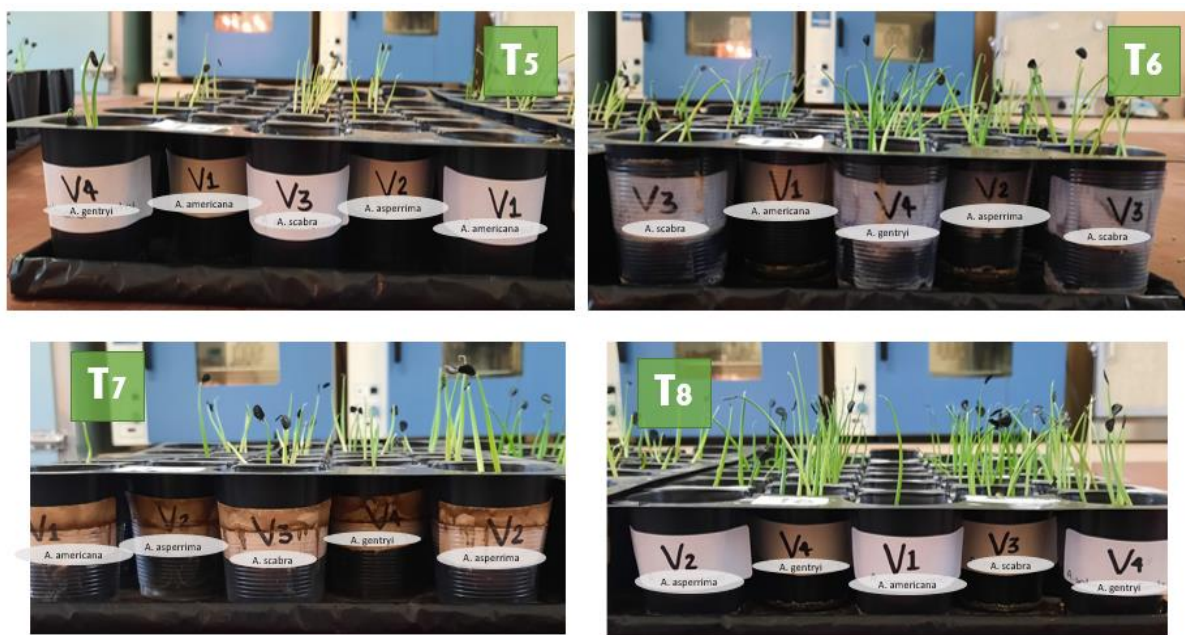
**Cuadro 15.** Comparación de medias del porcentaje de germinación por genotipos

Genotipo	Media %	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	10.00 <b>b</b>	9.20	-8.41	28.41
2	26.13 <b>b</b>	3.80	18.51	33.75
3	73.20 <b>a</b>	3.80	65.58	80.82
4	56.00 <b>a</b>	3.78	48.43	63.56

1. *A. americana*, 2. *A. asperrima*, 3. *A. scabra* y 4. *A. gentryi*

El análisis estadístico para la variable porcentajes de germinación por genotipo también utilizo la transformación Arcoseno donde se utilizaron 250 semillas por cada una de estas, lo cual se describe en el Cuadro 15. La comparación de medias, mostró diferencia significativa entre cultivares, encontrando que *A. scabra* y *A. gentryi* presentaron mayor porcentaje de germinación en comparación con *A. americana* y *A. asperima*, donde, *A. scabra* y *A. gentryi* tienen un tiempo de almacenamiento menor a un año, lo que indica que es aspecto trascendental en la germinación de semilla de agave.

Martínez *et al.*, (2015) menciona en su investigación sobre el efecto de la temperatura y humedad en el almacenamiento y la germinación de semillas de *A. cupreata* y *A. Inaequidens*, que la viabilidad de *A. cupreata* con un tiempo de recolección reducido reporta un 92 a 96 % de viabilidad, lo cual concuerda con lo observado en la presente investigación.



**Figura 32.** Semillas germinadas por tratamiento (Fase II). T5: peat moss + gallinaza + leonardita, T6: caucho + leonardita, T7: peat moss + gallinaza + caucho+ leonardita y T8: peat moss + caucho + leonardita.

#### 4.2.2 Ancho de plántulas

Al igual que en la Fase 1, se registró el tamaño del ancho de las plántulas durante la Fase 2 (Figura 33) y los datos se analizaron respecto al tratamiento y al genotipo.

En el Cuadro 16 se analiza la variable, ancho de plántula, el análisis de varianza mostró diferencia significativa entre tratamientos. La comparación de medias encontró que el Tratamiento T7 (base de peat moss + gallinaza, capa intermedia de caucho + capa fina de leonardita), fue superior al resto de tratamientos, al igual que el T5 (compuesto por la mezcla de peat moss + gallinaza y capa fina de leonardita), muestra ser superior por un rango leve, los Tratamientos T6 (caucho + capa de leonardita) y T8 (base de peat moss + capa intermedia de caucho + capa de leonardita), presentaron el menor ancho de las plántulas de maguey.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo observado por Araméndiz *et al.*, (2013), en su investigación sobre el efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena, refieren que el diámetro de plántulas en sustratos con 20 % de gallinaza es mayor.

**Cuadro 16.** Comparación de medias de la variable ancho de plántulas por Tratamiento

Tratamiento	Media mm	Error estándar	Intervalo de Confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
5	1.81 <b>ab</b>	.103	1.60	2.01
6	1.59 <b>b</b>	.097	1.40	1.79
7	2.07 <b>a</b>	.122	1.83	2.31
8	1.82 <b>b</b>	.118	1.58	2.05

El Cuadro 17 describe el análisis de varianza para la variable ancho de plántula de acuerdo al genotipo, encontrando diferencia significativa entre las variedades. La comparación de medias mostró que la variedad *A. asperrima* fue superior en cuanto al ancho de plántula comparada con el resto de los genotipos.

**Cuadro 17.** Comparación de medias de la variable ancho de plántulas por genotipo.

Genotipo	Media mm	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	1.80 b	.202	1.39	2.20
2	2.18 a	.084	2.02	2.35
3	1.55 b	.084	1.39	1.72
4	1.75 b	.083	1.59	1.92



**Figura 33.** Referencia al ancho de plántulas de maguay.

### 4.2.3 Largo de plántulas

La comparación de medias para el largo de plántulas (Figura 34) por tratamiento se describe en el Cuadro 18, donde, se encontró que no existe diferencia significativa entre los Tratamientos.

**Cuadro 18.** Comparación de medias de la variable largo de plántulas por Tratamiento.

Tratamiento	Media cm	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
5	5.445 a	.246	4.95	5.93
6	5.354 a	.231	4.89	5.81
7	5.366 a	.291	4.78	5.94
8	5.398 a	.281	4.83	5.95

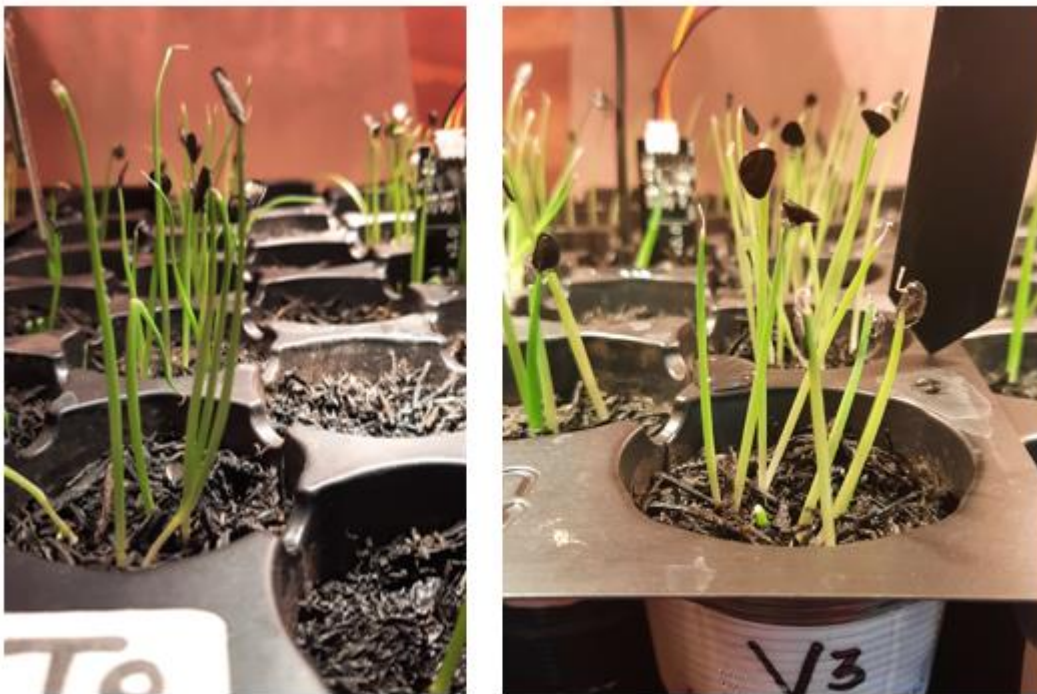
Carballo *et al.*, (2017) evaluaron el efecto de diferentes sustratos en la producción de plántulas de cucurbitáceas, observaron que en mezclas de 12 % gallinaza + 88 % de peat moss y 16 % gallinaza y 84 % peat moss, no existe diferencia, lo cual, concuerda con lo reportado en la presente investigación. Sin embargo, difiere con Torres (2014), quien evaluó el efecto de abonos orgánicos en el desarrollo de plántulas de *Virola sebifera Aublet* y refiere que aplicaciones de gallinaza al sustrato tiene efectos en la altura de la planta.

El análisis estadístico para el largo de plántulas por genotipo durante la Fase 2, se describe en el Cuadro 19, donde, la comparación de medias mostró que existe diferencia significativa, en donde, los genotipos de *A. asperrima*, *A. scabra* y *A. gentryi* tienen el mayor tamaño de largo de plántulas y la variedad *A. americana* presentó la menor longitud.



**Cuadro 19.** Comparación de medias de la variable largo de plántulas por genotipo.

Genotipo	Media cm	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	4.43 <b>b</b>	.48	3.46	5.40
2	5.61 <b>a</b>	.20	5.21	6.01
3	5.56 <b>a</b>	.20	5.16	5.96
4	5.70 <b>a</b>	.19	5.30	6.09

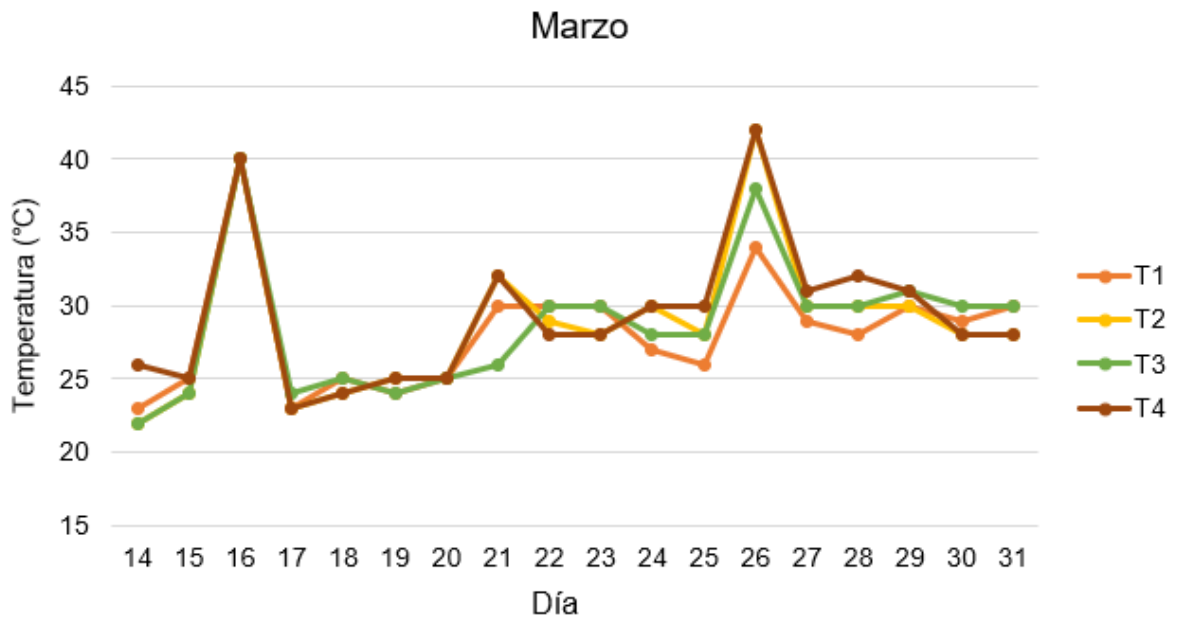


**Figura 34.** Referencia al largo de plántulas de maguey.

### 4.3. Variable temperatura

#### 4.3.1 Fase 1

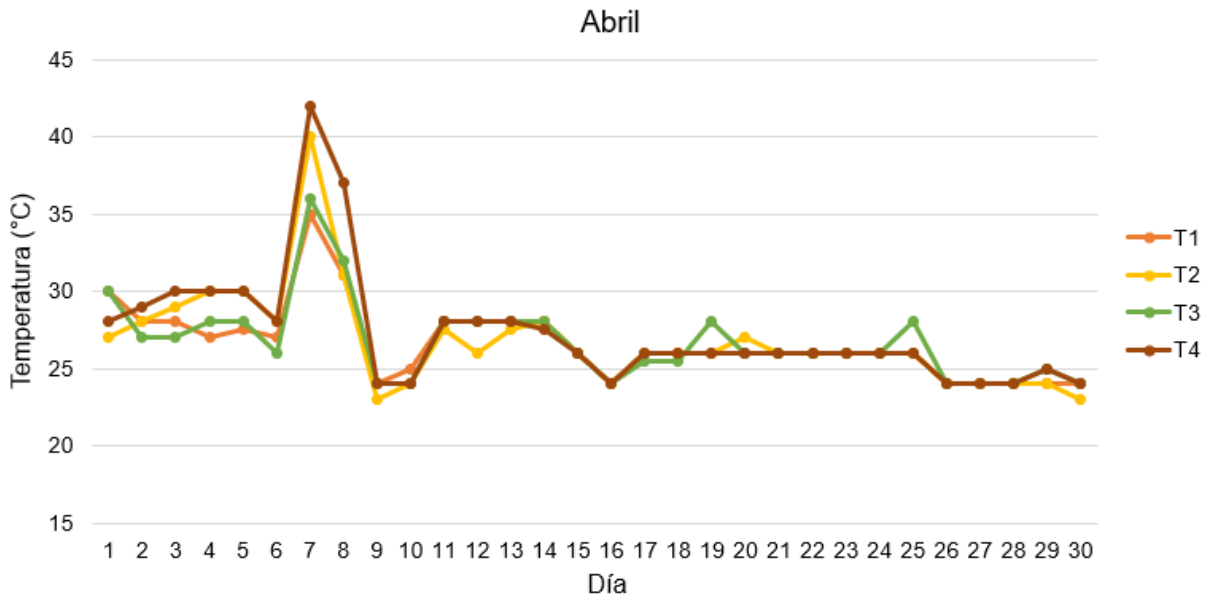
El registro de la variable temperatura para la Fase 1, se realizó manualmente con un termómetro de mercurio tomándose un dato diario, el cual se instalaba en la parte media de cada contenedor, lo que arrojaba datos individualizados. El periodo de registro fue del mes de marzo a junio del 2021.



**Figura 35.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de marzo 2021.

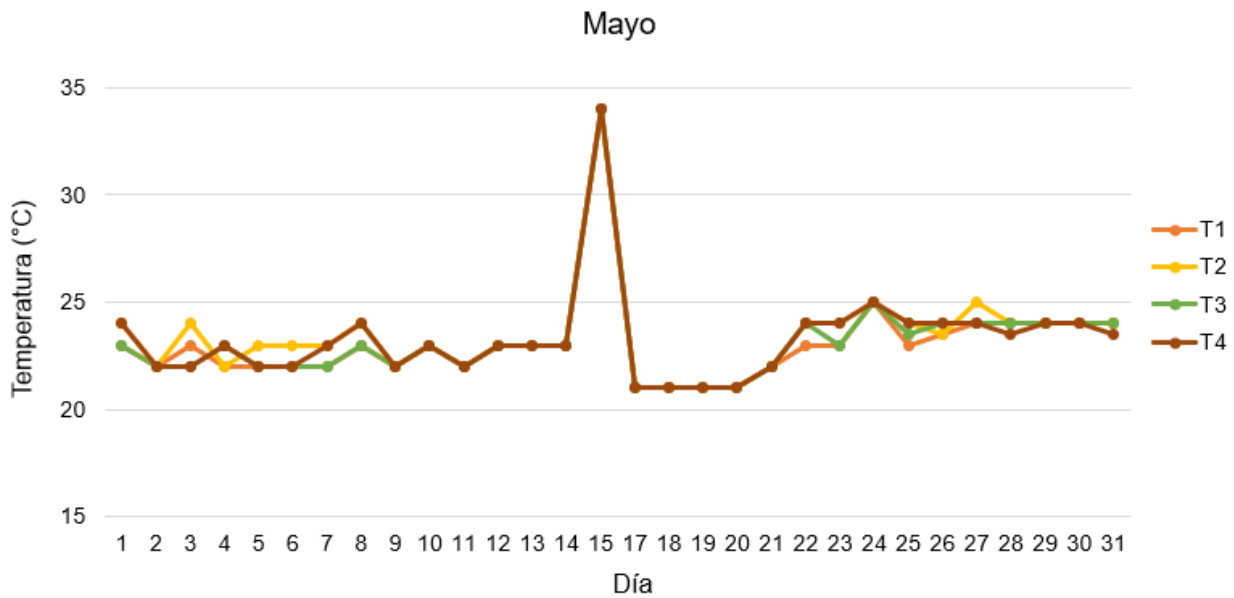
En la Figura 35 (Cuadro 4A) se observa el comportamiento de la temperatura con respecto al tipo de sustrato utilizado donde destacan algunos aspectos importantes como el Tratamiento **T4** (Caucho) que en este periodo siempre estuvo más alto que los demás Tratamientos siguiendo el orden el Tratamiento **T2** (Gallinaza), después el Tratamiento **T3** (Peat moss 50 % - Gallinaza 50 %) y por último el Tratamiento **T1** (Peat moss). Las temperaturas registradas el día 16 se tuvo un rango de 25 a 40 °C y el día 26 un rango de 30 a 42°C, lo cual probablemente se debió a una combinación del efecto de la humedad sobre el sustrato más algún descontrol de la cámara de germinación, sin embargo, estas

condiciones pusieron a prueba el sustrato y las plántulas que estaban evaluándose de la semilla de los cultivares de maguey utilizados mostraron diferente nivel de tolerancia donde, los cultivares de Soto y la Rosita respondieron significativamente a estas condiciones.



**Figura 36.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de abril 2021.

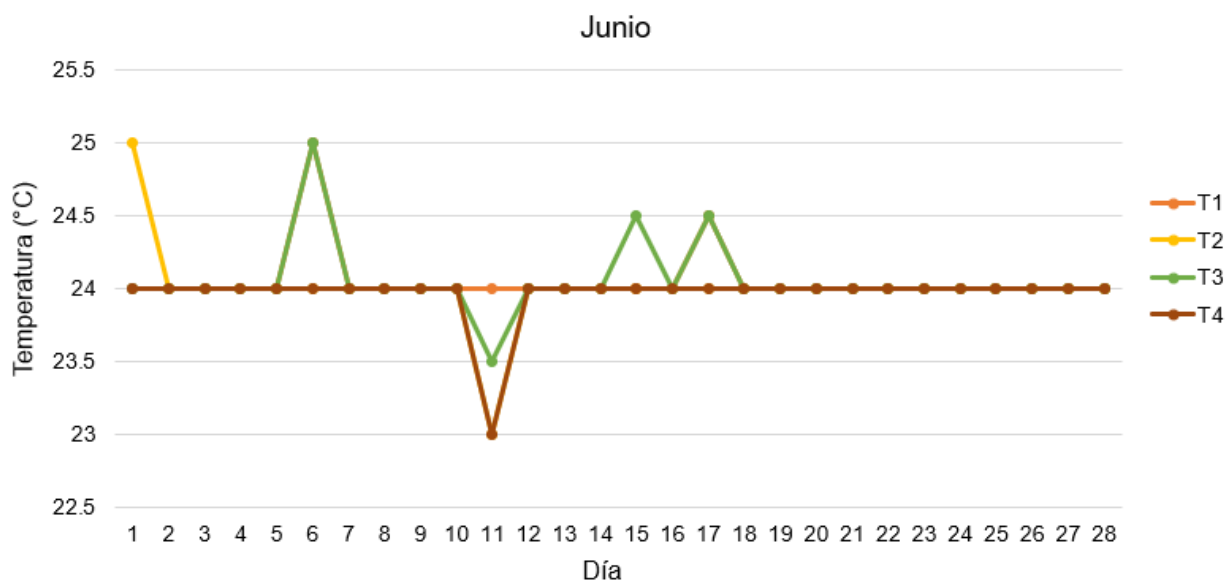
En la Figura 36, se observa el comportamiento de la temperatura en el mes de abril (Cuadro 5A), en la cual se observó que al principio del mes el comportamiento de los tratamientos es semejante siendo así un rango de temperatura de 25 a 30 °C, sin embargo, el registro de temperatura para el día siete y ocho, presentó una elevación de 27 °C hasta 42 °C, posterior a este evento la temperatura dentro de los sustratos se mantuvo en un rango de 23 a 28 °C hasta fin de mes.



**Figura 37.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de mayo 2021.

En la Figura 37, se describe el comportamiento de la variable temperatura durante el mes de mayo (Cuadro 6A), los datos registrados durante las primeras semanas del mes muestran que el total de los tratamientos, no presentaron fluctuaciones y se mantuvieron en un rango de 20 a 25 °C, sin embargo, la temperatura registrada el día 15 de mayo fue superior, aumentando de aproximadamente 23 °C hasta 34°C, posterior a esta fecha el rango de temperatura es de 20 a 25 °C con comportamiento semejante entre Tratamientos.

En la Figura 38 podemos observar el comportamiento de la temperatura en el transcurso del mes de junio (Cuadro 7A), donde, podemos destacar el equilibrio del rango de temperaturas, sin embargo, se destacan alteraciones de aproximadamente 1 °C en los días 6, 11, 15 y 17, siendo el Tratamiento 3 (Peat moss al 50 % y Gallinaza al 50 %) superior al resto, excepto el día 11 en donde la temperatura disminuyo 1 °C para los Tratamientos 3 (23.5 °C) y 4 (Caucho con 23 °C), los Tratamientos 1 (Peat moss) y 2 (Gallinaza) se mantuvieron constantes (24 °C).



**Figura 38.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de junio 2021.

### Análisis de varianza

**Cuadro 20.** Análisis de varianza para la temperatura (Fase 1).

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo corregido</b>	4947.59	108	45.81	63.51	.000
<b>Intersección</b>	273491.96	1	273491.96	379201.07	.000
<b>Día</b>	4938.22	105	47.03	65.20	.000
<b>Tratamiento</b>	9.374	3	3.12	4.33	.005
<b>Error</b>	227.18	315	.721		
<b>Total</b>	278666.75	424			
<b>Total corregida</b>	5174.78	423			

En el Cuadro 20 se describe el análisis de varianza, donde se encontró diferencia significativa ( $P>0.005$ ) entre tratamientos.

### Comparación de medias

**Cuadro 21.** Comparación de medias de los tratamientos para la variable temperatura.

Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	25.212 <b>b</b>	.082	25.050	25.375
2	25.429 <b>ab</b>	.082	25.267	25.592
3	25.330 <b>b</b>	.082	25.168	25.492
4	25.618 <b>a</b>	.082	25.456	25.780

La comparación de medias de la variable temperatura se describe en el Cuadro 21, donde, se encontró diferencia significativa, el T4 compuesto por caucho molido registró el mayor dato de temperatura (25.618 °C); el efecto de dicha condición influyó en el número de semillas germinadas en el T4, debido a que, un rango de 20 a 25 °C estimula la germinación de semillas de agave. Pritchard y Miller (1995) concuerda con lo observado en la investigación, al reportar el efecto de la temperatura constante y la calidad de la luz en semillas de *A. americana*, donde mencionan que el máximo rango de temperatura que promueve la germinación en semillas de agave es de 21 a 31 °C.

Orea *et al.*, (2006) evaluaron el efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas de *Agave durangensis*, encontrando que la temperatura óptima de germinación fue de 20 y 25 °C, además de observar un crecimiento superior en plántulas germinadas a 25 °C.

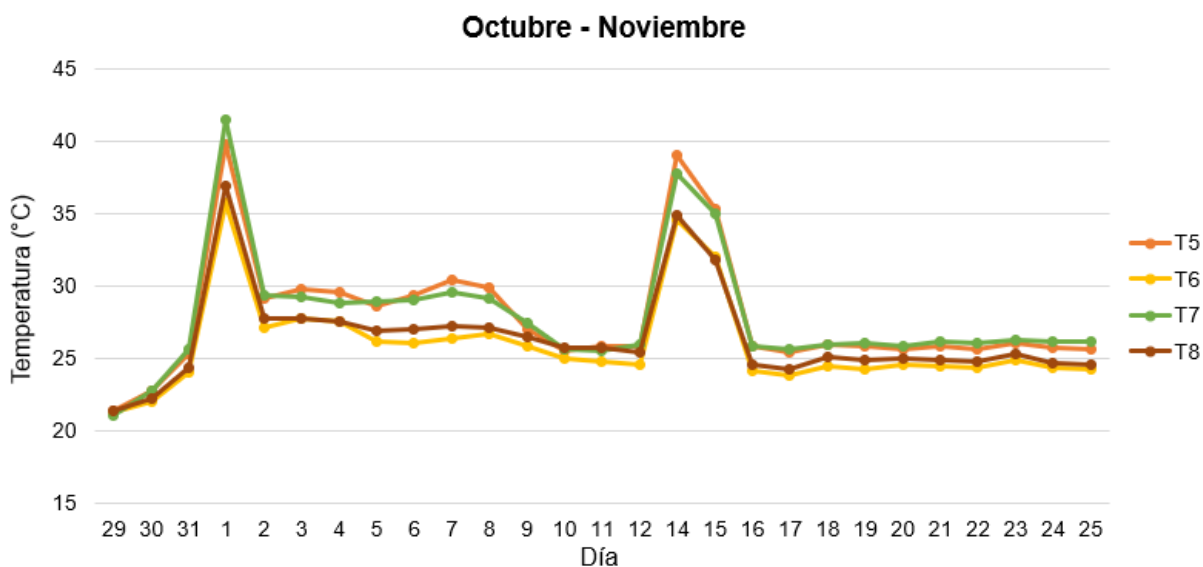
La temperatura que se produce dentro del sustrato es importante para el proceso de la germinación, sin embargo, este factor depende de la actividad biológica

de los microorganismos presentes, la gallinaza es un material que además de estar compuesto por altas cantidades de nutrientes también posee un gran número de microorganismos, lo cual se puede atribuir al comportamiento observado en el transcurso de la Fase 1 en el sustrato de gallinaza (T2), donde, se muestra temperaturas elevadas de hasta 43 °C. Delgado *et al.*, (2019) evaluó el proceso de compostaje de residuos empleando diferentes mezclas de sustratos, refiere que la mezcla de gallinaza (7 kg) y paja (200 g) durante el proceso de compostaje alcanza temperaturas de hasta 63 °C, lo que nos indica que es un material caliente.

Garbanzo y Vargas (2017) evaluaron la actividad microbial en sustratos de plántulas de tomate, encontraron que el sustrato peat moss muestra temperaturas menores a 33.3 °C, lo cual concuerda con lo observado en la presente investigación.

### 4.3.2 Fase 2

El registro de la variable temperatura para la Fase 2, se realizó de forma automática con un sistema de registro de temperatura y humedad (Placa Arduino) a través de sensores, los cuales se instalaron dentro de cada uno de los sustratos para tener los datos individualizados, el registro de los datos se realizó cada hora. El periodo de registro abarca del mes de octubre del 2021 al mes de abril del año 2022.

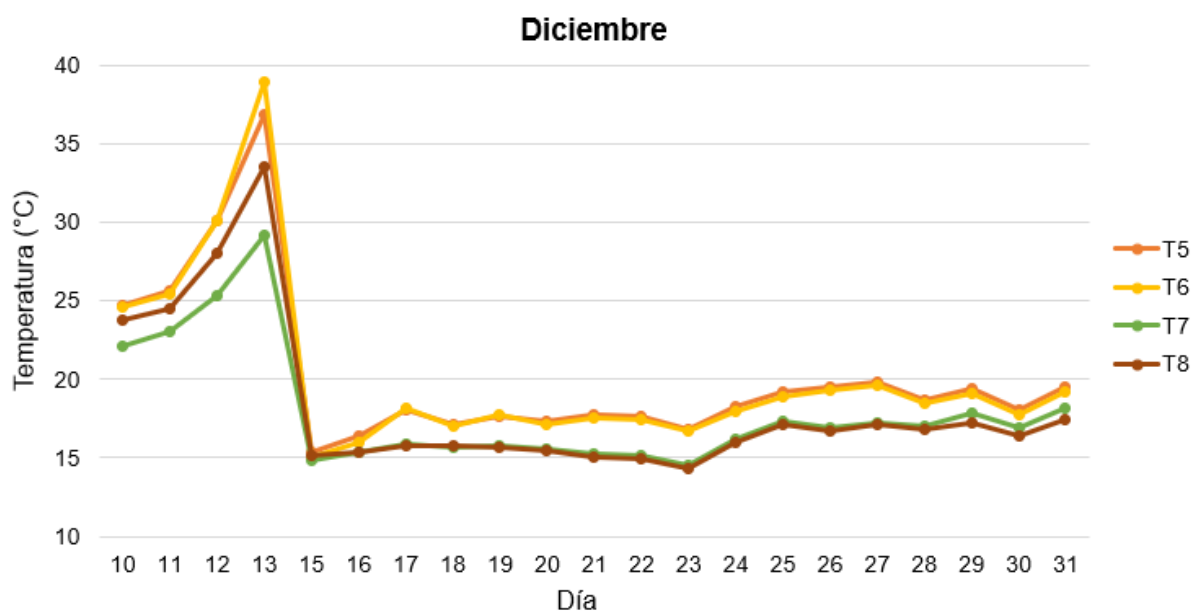


**Figura 39.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de octubre - noviembre 2021.

En la Figura 39 se describe el comportamiento de la variable temperatura durante el transcurso del mes de octubre a noviembre (Cuadro 8A), el cual corresponde al día inicial de instaladas las bandejas de germinación dentro de la cámara reguladora, el rango inicial de temperatura fue de 20 a 25 °C. Un dato importante a notar es la alteración de la temperatura registrada el día 1 de noviembre, el día anterior se registró con 25 °C y posteriormente subió a 42 °C, este evento se presentó antes de la emergencia de plántulas, por lo cual, no afectó el desarrollo de las mismas. Después de dicho evento el rango de temperatura de los tratamientos fue de 24 a 31 °C (temperatura aceptable para la germinación de semillas), donde el



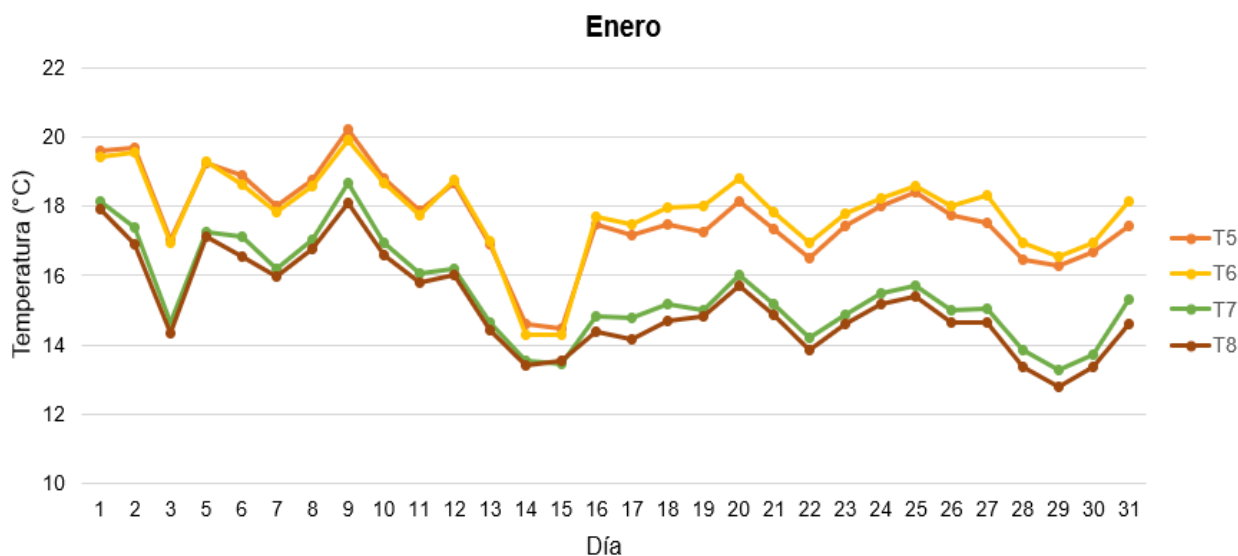
tratamiento T5 (peat moss 75 % + gallinaza 25 % + caucho + leonardita) y el tratamiento T7 (peat moss 85 % + gallinaza 15 % + leonardita) mostraron la temperatura más elevada, cerca de los 30 °C, en comparación de los tratamientos T6 (Caucho + leonardita) y T8 (peat moss + caucho + leonardita) con registros de 27 °C. En los inicios de la tercera semana del mes de noviembre se presentó nuevamente una elevación de temperatura registrada el día 14 con 38 °C aproximadamente, dicho evento tampoco afectó el desarrollo de las plántulas. El resto de los días del mes de noviembre el rango de temperatura fue de 24 a 26 °C.



**Figura 40.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de diciembre 2021.

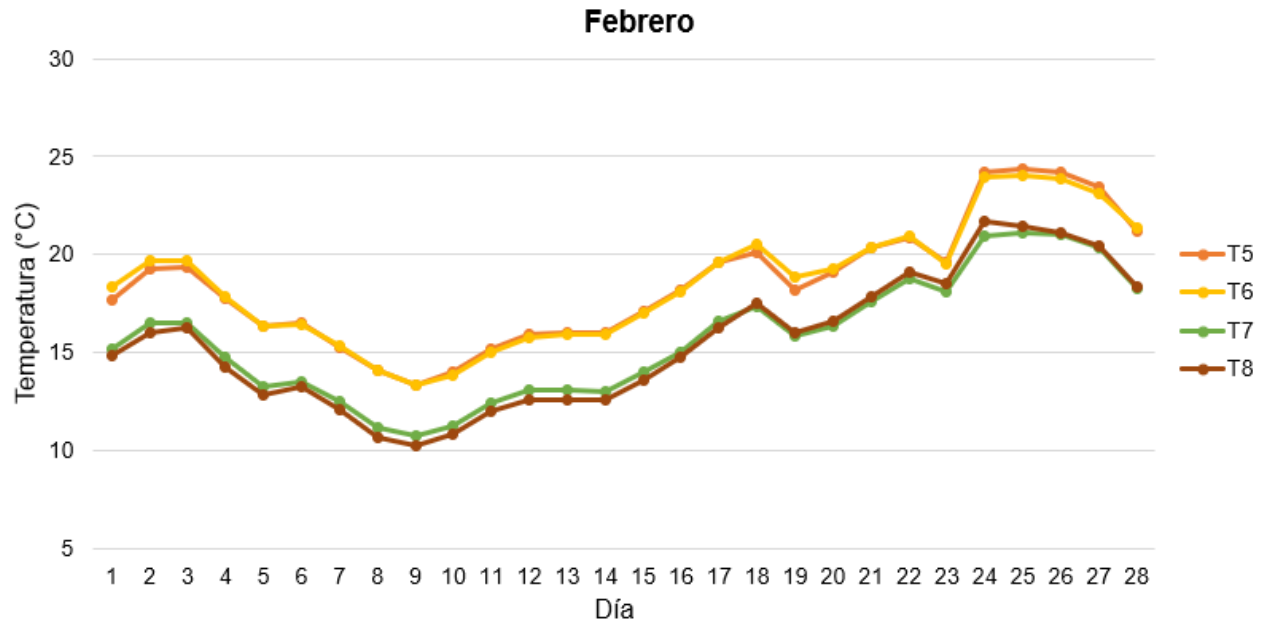
En la Figura 40 se observa el comportamiento de los sustratos respecto a la temperatura en el mes de diciembre (Cuadro 9A), donde se destaca una elevación de temperatura el día 13, con un rango de 29 a 38 °C, siendo superior en el tratamiento 6 (caucho + leonardita), siguiendo el orden el tratamiento 5 (peat moss 75 % + gallinaza 25 % + leonardita), después el tratamiento 8 (peat moss + caucho + leonardita) y por último con la menor temperatura el tratamiento 7 (peat moss 85 % + gallinaza 15 % + caucho + leonardita). Debido a que se registró como la tercera elevación de

temperatura y la cual causó daño en el crecimiento y desarrollo de plántulas, a partir de la mitad del mes de diciembre se consideró pertinente retirar las bandejas de la cámara. La temperatura continuó con registro automático y los sustratos mantuvieron un rango de 14 a 20 °C en el ambiente del laboratorio.



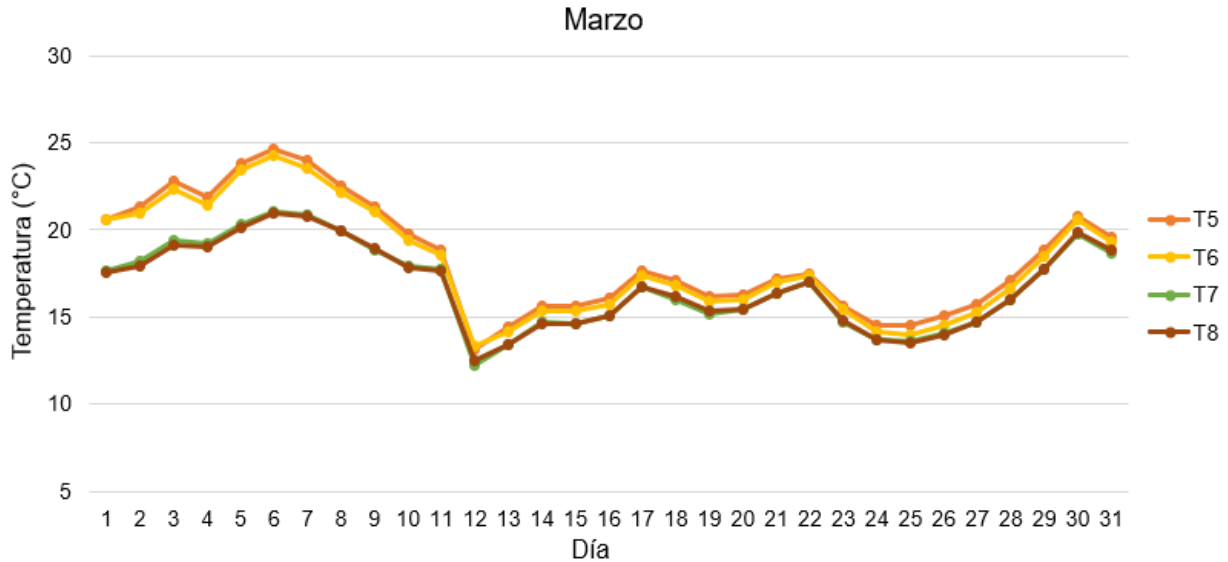
**Figura 41.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de enero 2022.

En la Figura 41 se describe el comportamiento de la temperatura de los sustratos en el ambiente del laboratorio durante el mes de enero (Cuadro 10A), el rango promedio de temperatura registrado es de 13 a 20 °C, la baja temperatura se debe principalmente a la época del año (invierno), se observan diversas fluctuaciones a lo largo del mes, donde el Tratamiento 5 (peat moss 75 % + gallinaza 25 % + leonardita) y el Tratamiento 6 (caucho + leonardita) mantuvieron el registro más alto de temperatura (21 °C), sin embargo, se puede observar que el Tratamiento 6 presenta leve superioridad. Los tratamientos 7 (peat moss 85 % + gallinaza 15 % + caucho + leonardita) y 8 (peat moss + caucho + leonardita) mantuvieron menor temperatura en comparación a los tratamientos antes mencionados.



**Figura 42.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de febrero 2022.

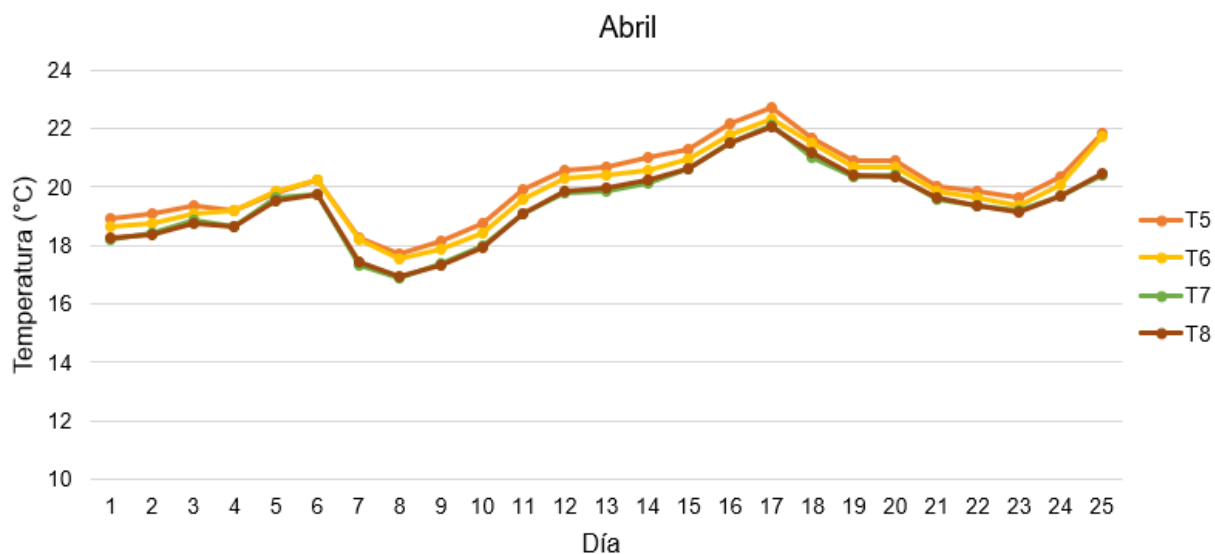
En la Figura 42 se observa una disminución de temperatura respecto al mes anterior (Cuadro 11A), el cual comprende del día 4 al 13, destacando los días 8 y 9 con 10 °C aproximadamente, siendo así el menor registro de temperatura durante el establecimiento de la Fase 2. En el periodo antes mencionado se presentó una nevada significativa en la comunidad La Ascensión, la cual se registró para los días 8 y 9 con temperatura ambiente (fuera del laboratorio) de 1 °C, lo cual explica la disminución de temperatura en los sustratos. Sin embargo, se puede notar que el Tratamiento 8 (peat moss + caucho + leonardita) resultó mayormente influenciado por dicho evento y los tratamientos 5 (peat moss 75 % + gallinaza 25 % + leonardita) y 6 (caucho + leonardita) conservaron temperaturas de aproximadamente 13 °C. A partir del día 18, la temperatura se comenzó a incrementar dentro de los sustratos.



**Figura 43.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de marzo 2022.

En la Figura 43 se observa el comportamiento de la temperatura durante el mes de marzo (Cuadro 12A) con rango de temperatura de 13 a 25 °C, donde el Tratamiento 5 mostró el valor más alto con 25 °C y el Tratamiento 8 presento el menor registro de temperatura llegando hasta 13 °C aproximadamente.

En la Figura 44 podemos observar el registro de temperatura durante el mes de abril (Cuadro 13A) con un rango de 17 a 23 °C, donde a pesar de mantener una semejanza en la temperatura, el Tratamiento 5 mostró el valor más alto. El día 8 se presentó una baja en la temperatura de los sustratos, donde el tratamiento 8 mostró la menor temperatura con 17 °C, a partir de este evento el comportamiento de la temperatura comenzó a aumentar hasta un rango de 19 a 23 °C con leves fluctuaciones entre tratamientos.



**Figura 44.** Representación gráfica del comportamiento de la variable temperatura durante el mes de abril 2022.

### Análisis de varianza

**Cuadro 22.** Análisis de varianza para la temperatura (Fase 2).

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo corregido</b>	14508.172	164	88.464	108.823	.000
<b>Intersección</b>	243322.065	1	243322.065	299318.280	.000
<b>Día</b>	14103.315	161	87.598	107.757	.000
<b>Tratamiento</b>	404.857	3	134.952	166.009	.000
<b>Error</b>	392.641	483	.813		
<b>Total</b>	258222.878	648			
<b>Total corregida</b>	14900.813	647			

En el Cuadro 22 se describe el análisis de varianza, donde se encontró diferencia significativa ( $P>0.000$ ) entre tratamientos.

### Comparación de medias

**Cuadro 23.** Comparación de medias de los tratamientos para la variable temperatura.

Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
5	20.342 <b>a</b>	.071	20.203	20.481
6	19.958 <b>b</b>	.071	19.818	20.097
7	18.749 <b>c</b>	.071	18.609	18.888
8	18.463 <b>d</b>	.071	18.324	18.602

El rango de temperatura promedio al inicio de la siembra fue semejante entre tratamientos, siendo de 25 a 30 °C, sin embargo, en el Cuadro 23 se describe la comparación de medias para la variable temperatura correspondiente a la Fase 2, donde, se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Se observó que el T5 compuesto por una mezcla de peat moss más gallinaza y leonardita mostró la mayor temperatura, en cambio el tratamiento 8 compuesto por una base de peat moss + la capa intermedia de caucho y capa final de leonardita, mostró la menor temperatura. Sin embargo, en el efecto de temperatura respecto a la germinación, se observó que el T8 mostró mayor porcentaje de semillas germinadas, probablemente debido a las condiciones iniciales que permitieron la activación de las semillas.

Los resultados coinciden con investigaciones realizadas por Ramírez *et al.*, (2012), quienes evaluaron el efecto de la temperatura sobre la germinación de siete cultivares de Agave, mostrando que la temperatura óptima de germinación es a los 25

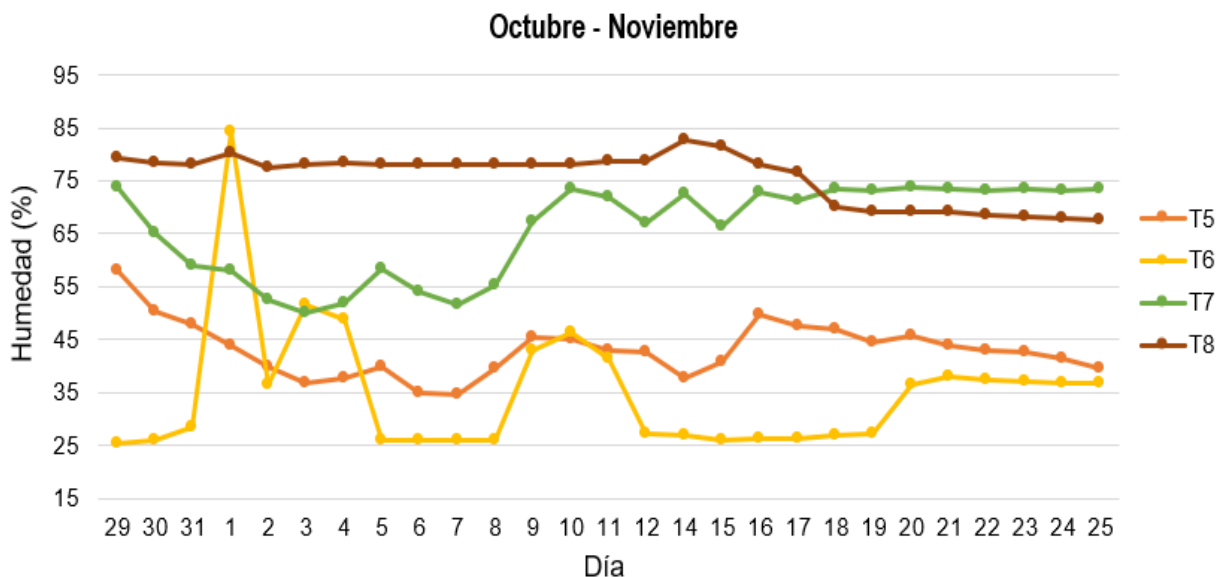
°C o promedios cercanos a este valor. Pérez (2009), evaluó el efecto de la temperatura en diferentes especies y observo que el maguey mezcalero (*A. salmiana*) tiene mayor porcentaje de germinación en temperaturas de 18 y 25 °C, lo cual concuerda con el comportamiento del T8.

Ram *et al.*, (2018) en su investigación sobre los factores que afectan la germinación, refieren que puede ser afectada por factores intrínsecos (características de la semilla) y extrínsecos (relacionados con factores bióticos y abióticos del ambiente), lo cual explica el efecto de los diferentes sustratos sobre la germinación de semillas de agave.

## 4.4. Variable humedad

### 4.4.1 Fase 2

El registro de la variable humedad para la Fase 2, se realizó de forma automática con un sistema de registro (Placa Arduino) a través de sensores.

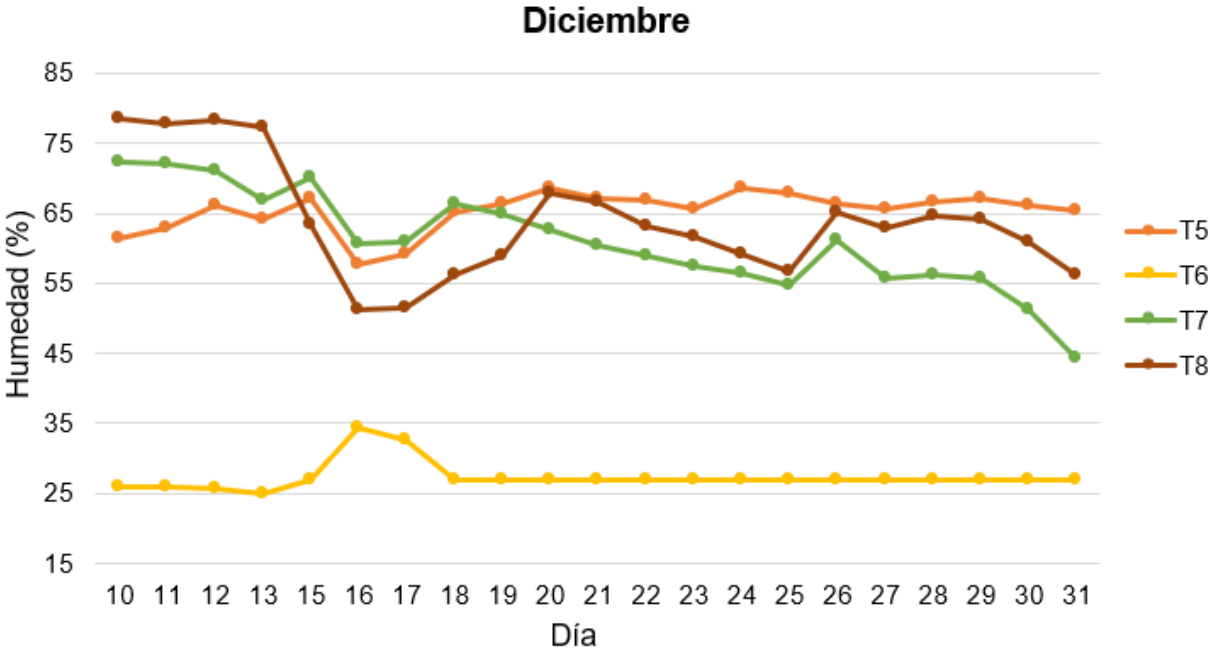


**Figura 45.** Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de octubre a noviembre 2021.

En la Figura 45 se observa el comportamiento de la humedad dentro de los sustratos (Cuadro 14A), donde destaca el Tratamiento 8 compuesto por una base de peat moss + una capa intermedia de caucho y una capa fina de leonardita, el cual se encontraba en un rango de 65 a 85 % de humedad (siendo este el ideal para la germinación de semillas), con un comportamiento constante, siguiendo el orden el Tratamiento 7 compuesto por una base de la mezcla peat moss en un 85% y gallinaza al 15% + una capa intermedia de caucho + capa superior de leonardita, se encontró en un rango de 50 a 75 %. El Tratamiento 5 compuesto por una mezcla de peat moss al 75 % y gallinaza al 25 % y la capa superior de leonardita, estaba en un rango de 35 a 60 % de humedad, estos dos últimos tratamientos se encontraban en un comportamiento paralelo y con diversas fluctuaciones. Finalmente, el Tratamiento 6 compuesto por caucho y la capa de leonardita, se observó que presentó altas

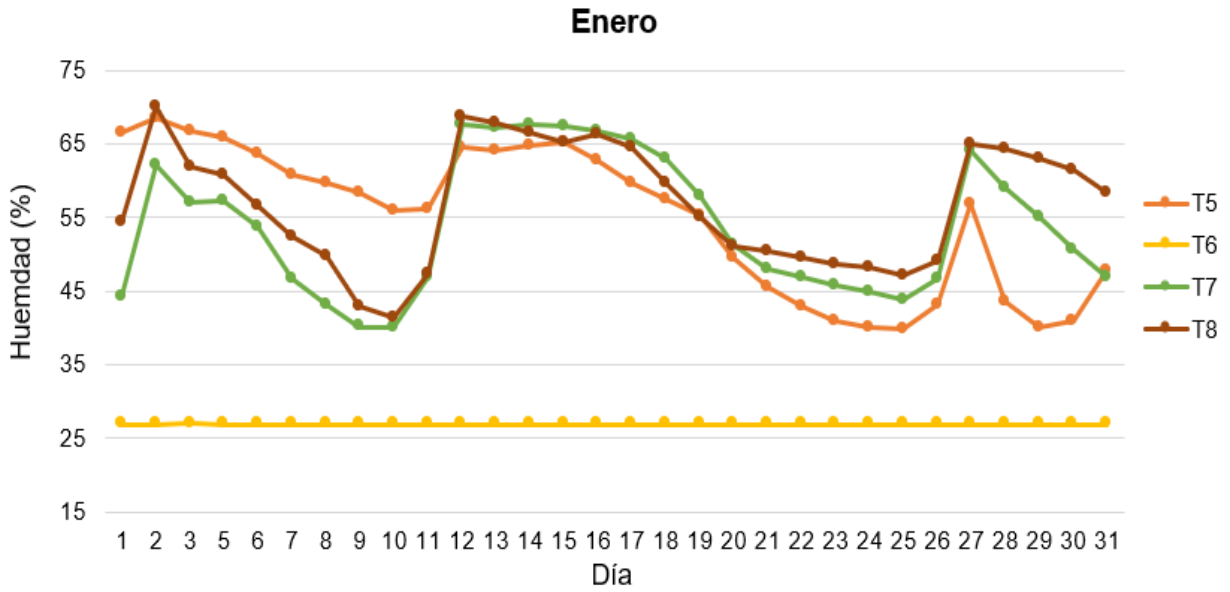


fluctuaciones, en donde se destaca una constante de 25 %, sin embargo, al aplicar riego al sustrato el porcentaje de germinación aumenta llegando hasta 85%, pero, la baja retención de humedad por el material provoca que disminuya, a pesar del bajo porcentaje de humedad el sustrato no permanece seco por completo.



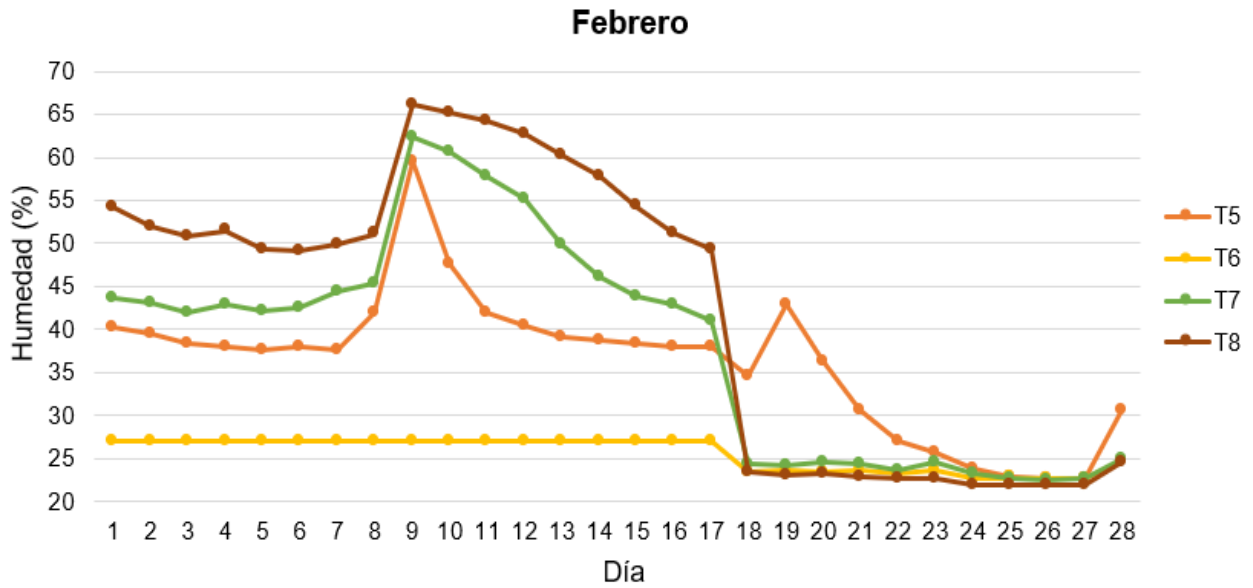
**Figura 46.** Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de diciembre 2021.

En la Figura 46 se observa el comportamiento de la humedad durante el mes de diciembre (Cuadro 15A), donde se destacan factores importantes como el rango de humedad de 25 a 35 % que presenta el Tratamiento 6, el cual solo presentó fluctuaciones los días 15, 16, 17 y 18. En cambio el rango del resto de tratamientos es de 44 a 78 %, en el transcurso del mes el Tratamiento 5 mostró el registro más alto de humedad, además de presentar un comportamiento constante, debido a que la pérdida de humedad es menor. Considerando que a partir de la mitad del mes las bandejas se retiraron de la cámara, no se observó alguna afectación por tal evento.



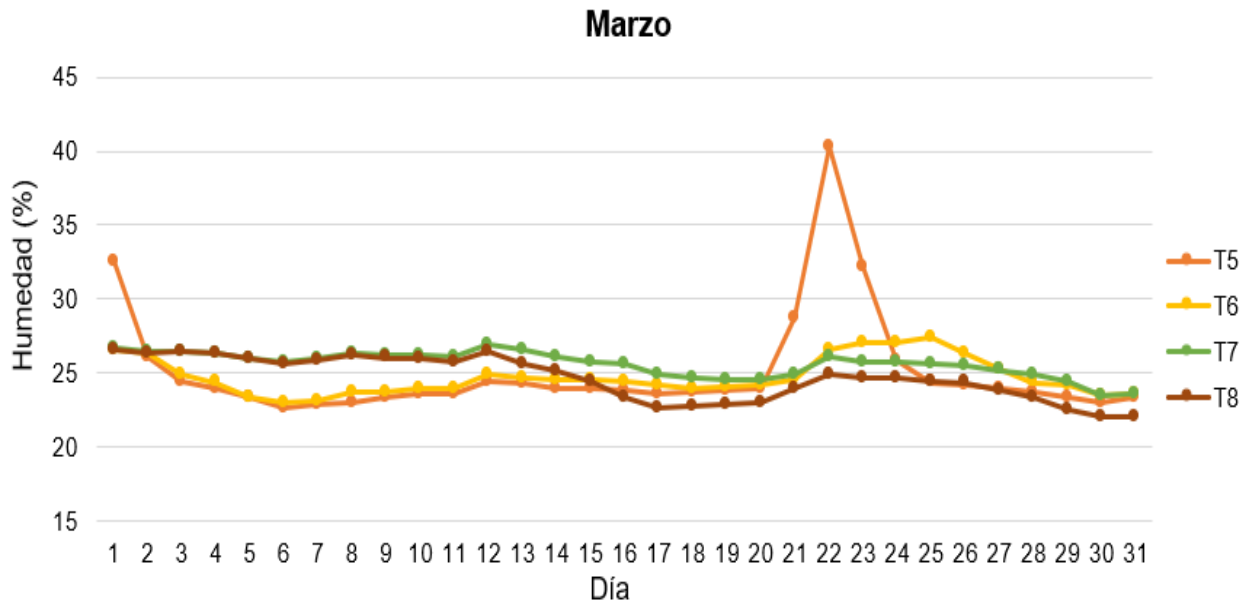
**Figura 47.** Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de enero 2022.

En la Figura 47 podemos observar el comportamiento de la humedad en los diferentes sustratos durante el mes de enero (Cuadro 16A), para este periodo las plántulas de maguey comenzaron a disminuir el requerimiento de agua, por lo cual, la cantidad y tiempo se modificaron. El comportamiento del Tratamiento 6 permaneció constante a 26 %, el resto de los tratamientos presentaron fluctuaciones constantes las cuales se atribuyen al tiempo de aplicación de riego, en donde el Tratamiento 8 mostró un rango superior de humedad, siguiendo el orden por el Tratamiento 7 y finalmente por el Tratamiento 5, como se mencionó en la Figura anterior, la pérdida de agua en los sustratos fue mínima.



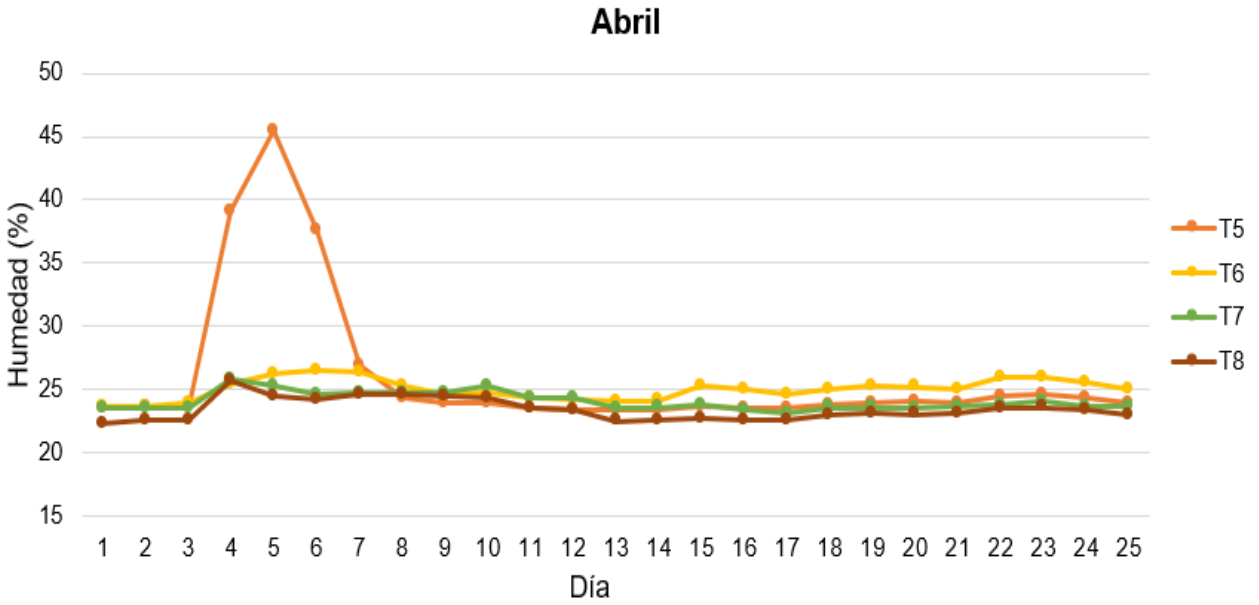
**Figura 48.** Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de febrero 2022.

En la Figura 48 se describe el comportamiento del porcentaje de humedad durante el mes de febrero (Cuadro 17A), podemos observar al inicio del mes el comportamiento constante de la humedad en los sustratos. El tratamiento 6 con una constante de 27 % y para los tratamientos 5, 7 y 8 con un rango de 37 a 55 %, sin embargo, el día 8 se presentó un aumento después del riego, en el cual el tratamiento 8 presentó el mayor porcentaje de humedad, posteriormente el día 17 se presentó una disminución de humedad la cual se registró hasta un 25% excepto el tratamiento 5 con 35 % de humedad y a finales del mes el porcentaje de humedad se mantuvo en 25 %.



**Figura 49.** Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de marzo 2022.

En la Figura 49 se observa el comportamiento de la humedad dentro de los sustratos (Cuadro 18A), podemos notar como el rango constante para el total de tratamientos es de 23 a 27 %, destacando picos de hasta 40 % en el tratamiento 5, debido a aplicaciones de riego exclusivamente en dicho tratamiento por necesidad de agua en el sustrato, la cual no se satisfacía con las aplicaciones determinadas para los demás tratamientos. Sin embargo, durante el mes los sustratos no presentaron diferencias notables en el porcentaje de humedad.



**Figura 50.** Representación gráfica del comportamiento de la variable humedad durante el mes de abril 2022.

En la Figura 50 podemos observar el comportamiento de humedad en los tratamientos correspondientes a las Fase 2 durante el mes de abril (Cuadro 19A), podemos destacar la constante en el rango de humedad de 22 a 27 %, con excepción de un pico registrado los días 4, 5 y 6 en el tratamiento 5, esto se debe a una aplicación única de riego en dicho tratamiento. Sin embargo, la constante de humedad se mantuvo a lo largo del mes.

## Análisis de varianza

**Cuadro 24.** Análisis de varianza para la variable humedad (Fase 2).

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Modelo corregido</b>	156580.503	164	954.759	8.880	.000
<b>Intersección</b>	1030014.612	1	1030014.612	9580.407	.000
<b>Día</b>	119816.800	161	744.204	6.922	.000
<b>Tratamiento</b>	36763.703	3	12254.568	113.983	.000
<b>Error</b>	51928.596	483	107.513		
<b>Total</b>	1238523.710	648			
<b>Total corregida</b>	208509.098	647			

En el Cuadro 24 se describe el análisis de varianza para la variable humedad, donde se encontró diferencia significativa ( $P > 0.000$ ) entre tratamientos.

**Cuadro 25.** Comparación de medias para la variable humedad (Fase 2).

Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
5	40.886 <b>c</b>	.815	39.285	42.486
6	27.394 <b>d</b>	.815	25.793	28.995
7	44.075 <b>b</b>	.815	42.475	45.676
8	47.121 <b>a</b>	.815	45.520	48.721

Respecto a la variable humedad, en el Cuadro 25 se describe la comparación de medias, donde, se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Se observó que el sustrato correspondiente al T8 compuesto por una base de peat moss + capa intermedia de caucho + leonardita en la parte superior, mostró el mayor porcentaje de humedad (47.121), esto puede deberse a la combinación de los sustratos, debido a que, el peat moss es un sustrato con alta retención de humedad y en combinación con caucho evita la pérdida de agua en este sustrato, el efecto de humedad con respecto a la germinación en este sustrato fue superior al resto.

Ortega *et al.*, (2010) evaluaron la capacidad de absorción de agua en diferentes sustratos, mencionan que el sustrato turba (peat moss) se destaca con 1400 ml de agua, lo cual, lo posiciona como un sustrato con alta capacidad de absorción, debido a que, retiene el 90 % de agua, lo cual, concuerda con lo observado en el T8. Sin embargo, la combinación de peat moss + gallinaza + leonardita (T5), no mostró rangos elevados de humedad, a pesar de contener porcentajes altos de peat moss, dicho tratamiento no mostró efecto en el porcentaje de humedad respecto a la germinación. Gutiérrez *et al.*, (2006) evaluaron las condiciones de diversos sustratos en la germinación de pastos tropicales, mostraron que a pesar de ser el peat moss un sustrato con 60 % de humedad, no afecta el proceso de germinación, lo cual concuerda con lo antes mencionado.

En cambio, el sustrato de caucho y leonardita (T6), mostró un bajo porcentaje de humedad, probablemente por la composición de los materiales del caucho que evitan la absorción del agua. RENCAL (2020), empresa dedicada al reciclaje de neumáticos, analizó las propiedades físicas del caucho, y lo refiere como un material de baja humedad menor al 0.75 %, lo cual concuerda con lo observado.

#### 4.5 Presencia de enfermedades

##### Damping off (*Fusarium spp.*)

Los síntomas observados en plantas de maguey fueron estrangulamiento del tallo hasta llegar al grosor de un hilo, la zona afectada se tiñó de color café y se encontró a la altura de la base de la plántula. En casos severos se observó daño hasta la raíz (pudrición), lo que ocasionó marchitez y finalmente la muerte de la plántula (Figura 51). El agente causal de dichos síntomas se identificó como *Fusarium spp.* bajo el microscopio.



**Figura 51.** Daños causados por *Fusarium spp.*, en plántulas de maguey.

Villa *et al.*, (2014) refieren que las especies de *Fusarium* son causantes de marchitez, el patógeno entra por la raíz y se aloja en el tallo de las plantas, causando alteraciones en el sistema vascular, dichos daños resultan irreversibles para la planta.

SENASICA (2020) describe que el agente causal *Fusarium spp.*, ocasiona en plántulas y plantas adultas lesiones de color café ubicadas en el tallo en la zona cercana a nivel del suelo.



## 4.6 Análisis de laboratorio

**Cuadro 26.** Composición físico - química de los sustratos empleados en la Fase 1.

Sustrato	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	pH	C.E.	M.O (%)
<b>Pm</b>	0.92	0.02	0.02	1.02	0.15	1422.5	55.937	1082.0	241.87	4.4	0.37	92
<b>G</b>	2.07	2.11	2.14	14.09	1.39	3300.0	658.43	532.25	358.75	8.4	18.5	43
<b>M1</b>	1.90	1.07	1.03	8.43	0.78	2343.7	347.81	281.87	241.87	7.0	11.3	66
<b>C</b>	0.21	0.02	0.04	0.06	0.02	239.37	2.4000	4.0375	12750	6.4	0.24	94

**Pm:** Peat moss, **G:** Gallinaza, **M1:** Mezcla de peat moss + gallinaza al 50 %, **C:** Caucho molido, **N:** Nitrógeno, **P:** Fosforo, **K:** Potasio, **Ca:** Calcio, **Mg:** Magnesio, **Fe:** Hierro, **Cu:** Cobre, **Mn:** Manganeseo, **Zn:** Zinc, **C.E.:** Conductividad eléctrica y **M.O.:** Materia orgánica.

En el Cuadro 26 se describe la caracterización de los materiales utilizados durante la Fase 1 de la investigación, en donde, la gallinaza mostró los niveles más altos de macronutrientes con 2.07 % de N, 2.11 % de P, 2.14 % de K, 14.09 de Ca y 1.39 % de Mg respecto al resto. En cuanto a los micronutrientes, estos mostraron altos valores la gallinaza y la M1 para Fe y Cu, con valores para Fe de 3300 y 2343.7 ppm respectivamente y para Cu 658.43 y 347.81 ppm, para Mn el material con el mayor contenido fue peat moss con 1082 ppm y para Zn fue el caucho molido con 12750 ppm. En cuanto a pH el material más alcalino fue la gallinaza y el más ácido fue peat moss. Por los altos valores registrados en los nutrientes la gallinaza mostró el valor más alto de conductividad, no siendo así para el contenido de materia orgánica, el caucho molido mostró un 94 % de M.O, debido al alto nivel de Carbono que contiene, sin embargo, no se encuentra disponible, también el peat moss posee valores altos de M.O con 92 %.

**Cuadro 27.** Composición físico - química de los sustratos empleados en la Fase 2.

Sustrato	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	pH	C.E.	M.O (%)
<b>M2</b>	1.40	0.406	0.42	5.50	0.72	1826.87	6.93	130.75	73.00	6.2	6.13	85
<b>C</b>	0.21	0.024	0.04	0.06	0.02	239.375	2.40	4.0375	12750	6.4	0.24	94
<b>M3</b>	1.10	0.363	0.33	2.95	0.30	1856.87	5.47	121.31	53.62	6.0	3.42	85
<b>L</b>	0.26	0.008	0.17	6.09	0.50	14937.5	5.03	22.025	11.25	7.9	15.3	28

**M2:** mezcla de peat moss al 75 % + gallinaza al 25 %, **C:** Caucho molido, **M3:** mezcla de peat moss al 85 % + gallinaza al 15 % y **L:** Leonardita. **N:** Nitrógeno, **P:** Fosforo, **K:** Potasio, **Ca:** Calcio, **Mg:** Magnesio, **Fe:** Hierro, **Cu:** Cobre, **Mn:** Manganeseo, **Zn:** Zinc, **C.E.:** Conductividad eléctrica y **M.O.:** Materia orgánica.

En el Cuadro 27 se describe la caracterización de los materiales utilizados durante la Fase 2 de la investigación, en donde, el material con altos niveles de macronutrientes fue la M2 con 1.40 % de N, 0.406 % de P, 0.42 % de K, 0.72 % de Mg y para Ca la leonardita mostró el valor más alto con 6.09 %. En cuanto a los micronutrientes, la M2 y M3 mostraron altos valores para Fe con valores de 1826.87 y 1856.87 ppm respectivamente, para Cu la M2 con 6.93 ppm al igual que para Mn con 130.75 ppm y por último para Zn fue el caucho molido con 12750 ppm. En cuanto a pH el total de los materiales se encuentra en la escala de ligeramente ácido a neutro. El material que mostró mayor C.E. fue la Leonardita, no siendo así para el contenido de materia orgánica, debido a que posee 25 %, el caucho molido mostró un 94 % de M.O, debido al alto nivel de Carbono que contiene, sin embargo, no se encuentra disponible y las mezclas 2 y 3 mostraron un porcentaje aceptable de M.O. de 85%.

## 5. CONCLUSIONES

La retención de humedad fue favorecida cuando el sustrato de peat moss fue utilizado, en cambio el caucho muestra una capacidad de retención de humedad irregular. Al combinarse peat moss con caucho presenta efectos regulatorios de temperatura. El sustrato de caucho presenta reacciones a la temperatura del medio ambiente, en bajas temperaturas presenta un comportamiento más estable (cálido) que, con altas temperaturas, pues en estas se magnifica con mucha facilidad.

La combinación de leonardita, caucho y peat moss tuvo el mejor comportamiento de temperatura y humedad, debido a que el rango de temperatura registrado durante el periodo de germinación con énfasis en la fase de imbibición y activación de la semilla fue de 25 a 30 °C y para humedad de 65 a 85 %, alcanzando un alto número de semillas germinadas.

En cuanto al sustrato de gallinaza, este posee un alto nivel de salinidad, lo cual inhibe el proceso de germinación de la semilla de maguey.

La viabilidad de la semilla de los genotipos es un factor determinante en su porcentaje de germinación. Los cultivares que mostraron mayor porcentaje de germinación fueron los que se colectaron en periodos menores o cerca de un año de anticipación a la siembra como: *A. gentryi* y *A. scabra*, mientras que *A. salmiana* presento baja germinación por tener más de un año de almacenamiento.

La combinación de peat moss en un 85 % y gallinaza en un 15 % más una capa intermedia de caucho y una capa superior de leonardita, promovió un mayor grosor del tallo de la semilla de maguey, por otra parte, la altura de plántula mostró que la composición de sustratos no es un factor que influya en la altura, sin embargo, esta variable si puede ser afectada por el tipo de cultivar.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Abad B., M., P. Noguera M., y C. B. Carrión (2005) Sustratos en los cultivos sin suelo y fertirrigación. En: Cadahía, C. L. (Editor.) Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Mundi- Prensa. Madrid, España, pp; 299-352.
- AgroEcology. (2021) Leonardita ACTIV 80GG, ficha técnica. Paraje la Galianilla, 39 – C.P. 04700 – El Ejido (Almería). <https://agroecologysl.com/wp-content/uploads/2021/10/FT-ADM-CLD03.V02-LEONARDITA-ACTIV-80GG.pdf>
- Alfaro Rojas, G., Legaria Solano, J.P. y Rodríguez Pérez, J.E. (2007) Diversidad genética en poblaciones de agave pulqueros (*Agave spp.*) del nororiente del Estado de México. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 30, núm. 1. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. Pp. 1 – 12.
- Ángeles Argáiz, R. E., Flores García, A., Ulloa, M. & Garibay Orijel, R. (2016) Commercial Sphagnum peat moss is a vector for exotic ectomycorrhizal mushrooms. Biological Invasions 18(1), 89-101.
- Araméndiz Tatis, H., Cardona Ayala, C. y Correa Álvarez, E. (2013). Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena L.*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 7 (1), 55-61.
- Arizaga Pérez, J. S. (1998) Biología reproductiva de *Agave macroacantha zucc.* en Tehuacan, Puebla. (Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México) Repositorio Institucional de la UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos?&q=Biolog%C3%ADa%20reproductiva%20de%20Agave%20macroacantha%20zucc.%20en%20Tehuacan,%20Puebla>.
- Arizaga, S. y Ezcurra, E. (1995) Insurance against reproductive failure in a semelparous plant: bulbil formation in *Agave macroacantha* flowering stalks. Revista Oecologia 101, 329 – 334.

- Arizaga, S., Ezcurra, E., Peters, E., Ramírez, F. y Vega, E. (2000). Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. II. The role of pollinators. *American Journal of Botany*, 87, 1011–1017.
- Arzate Fernández, A. M., Martínez Velasco, I., Álvarez Aragón, C., Martínez Martínez, S. Y. y Norman Mondragón, T. H. (2020) Respuesta morfogénica de dos especies de *Agave* regeneradas in vitro. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23 (47), 1 – 17.
- Barrientos Rivera, G., Esparza Ibarra, E. L., Segura Pacheco, H. R., Talavera Mendoza, O., Sampedro Rosas, Ma. L. & Hernández Castro, E. (2019) Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 655-668.
- Battista Conselvan, G., Pizzeghello, D., Francioso, O., Di Foggia, M., Nardi, D. & Carletti, P. (2017) Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. *Plant Soil* 420, 119-134. DOI 10.1007/s11104-017-3373-z
- Bautista Aparicio, G., Sánchez Mendoza, S. y Bautista Cruz, M. A. (2017) Efecto de diferentes dosis de N y P en el crecimiento de *Agave potatorum* Zucc. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 4(2), 1 – 7.
- Bautista D. N. y Arias A. G. C. (2008) Estudio químico bromatológico de aguamiel de *Agave americana* L. (Maguey). *Ciencia e Investigación* 11(2), 46 – 51.
- Bewley, J.D & Black, M. (1994). *Seeds. Physiology of development and germination*. 2a edición. Plenum. New York. EU. Pp. 445.
- Carballo Méndez, F. J., Rodríguez Ortiz, J. C., García Hernández, J. L., Alcalá Jáuregui, J. A., Preciado Rangel, P., Rodríguez Fuentes, H., Villareal Guerrero, F. (2017) Efecto de gallinaza y biosólido en mezcla con turba europea para producción de plántulas de cucurbitáceas. *Rev. FCA. UNCUYO* 49(2), 193-202.
- Carhuancho León, F. M. (2012) Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo Batch como propuesta al mejoramiento de residuo avícola. (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria La

Molina, Facultad de Ciencias) Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1769>

Castellanos J. Z. y Vargas, T. (2009) Los sustratos en la Horticultura Protegida. En: Manual de Producción de Tomate en invernadero. J. Z. Castellanos. INTAGRI México. Pp. 105 – 130.

Castro Garibay, S. L., Aldrete, A., López Upton, J. y Ordaz Chaparro, V. M. (2019) Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. *Revista Madera y Bosques* 25(2), 1-10. DOI: 1021829/myb/2019.2521520

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2005) Primera edición del mapa “Agave, mezcales y diversidad”. Recuperado el 14 de marzo 2022 de <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/mezcales/mMapa.html>

Consejo Regulador del Mezcal – CRM. (2020). *Informe Estadístico 2020*. Recuperado el 21 de marzo del 2022 de <https://comercam-dom.org.mx/>

Delgado Arroyo, M.M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L. y Martín Sánchez, J. V. (2019) Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 965-977.

Eguiarte, L. y Búrquez, A. (1987). Reproductive ecology of *Manfreda brachystachya*, an iteroparous species of Agavaceae. *The Southwestern Naturalist*, 32, 169–178.

Esparza Ibarra, E. L., Violante González, J., Monks, S., Cadena Iñiguez, J., Araujo Andrade, C. y Rössel Kipping, E. D. (2015) Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano. En Pulido Flores, G., Monks, S. y López Herrera, M. *Estudios en Biodiversidad* 1, 227- 245.

Esqueda V., M., M. L. Coronado A., A. H. Gutiérrez S. & T. Fragoso G. (2011). *Agave angustifolia* Haw. Técnicas para el transplante de vitroplantas a condiciones de

agostadero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México pp. 20.

Fernández, Y. (3 de agosto de 2020) Qué es Arduino, como funciona y qué puedes hacer con uno. Xataka Basics. Recuperado el: 12 de noviembre de 2021 de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Flores Morales, A., Chávez Ávila, V. M. & Jiménez Estrada, M. (2021) Evaluación de una alternativa de propagación de maguey pulquero (*Agave salmiana*) variedad Púa larga. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 8(1), 46-58.

Fonseca Varela, M. y Chalita Tovar, L. E. (2021) Evaluación financiera de producción de agave y mezcal: caso de estudio Caltepec, Puebla. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 12(2), 263-273.

Garbanzo León, G. y Vargas Gutiérrez, M. (2017) Actividad microbial en sustratos y análisis de crecimiento en almácigos de tomate en Guanacaste, Costa Rica. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 11(1), 159 – 169.

García García, M., Ríos Osorio, L. A. y Álvarez del Castillo, J. (2016) La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. Revista Idesia (Chile). 34(3), 53 – 68.

García, Mendoza, A. J, (2007), LOS AGAVES DE MEXICO, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. pp. 14-23. ISSN: 0187-6376.

García, Mendoza, A.; Jacques, Hernández, C. y Salazar, Bravo, A. (2007), Una nueva especie de Agave, subgénero *Littae* (*Agavaceae*) de Tamaulipas, México. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 1(1): 79-84.

Gentry, H, S. (1982), Agaves of continental North America University of Arizona, Arizona. USA, pp. 670.

Gómez Ruiz, E. P. (2019) Murciélagos que polinizan Agave: un servicio en riesgo de desaparecer. pp. 145 – 154. En: Blanco Macías, F., Vázquez Alvarado, R. E.,

- Valdez Cepeda, R. D., Santos Haliscak, J. A. y Ojeda Zacarías, M. C. (Editores) Memorias del XVIII Simposium – Taller Nacional y XI Internacional “Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey”. Campus de Ciencias Agropecuarias y Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, N.L., México. Pp. 253.
- Gómez Ruiz, E. P., Jiménez, C., Flores Maldonado, J. J., Lacher Jr. T. E. y Packard, J. M. (2015) Conservación de murciélagos nectarívoros (*Phyllostomidae: Glossophagini*) en riesgo en Coahuila y Nuevo León. *Revista Therya* 6(1), 89 – 102. DOI: 10.12933/therya-15-233
- González, M., Jiménez, L., Yáñez, W. & Parducci, P. (2018) Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense* 42(1), 155-162.
- Good-Avila, S. V., Souza, V., Gaut, B. S., & Eguiarte, L. E. (2006). Timing and rate of speciation in Agave (Agavaceae). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(24), 9124-9129.
- Granados Sánchez D. (1993) Los Agaves en México. México: Universidad Autónoma de Chapingo, pp. 252. ISBN: 9688842257.
- Gutiérrez, C., Herrera, J. y Alizaga, R. (2006) Optimización de las condiciones de germinación de cuatro especies de pastos tropicales II *Brachiaria humidicola* y *panicum máximum*. *Revistas Tecnología en Marcha* 19(3), 27 – 37.
- Hernandez Rodriguez, A., Robles Hernandez, L., Ojeda Barrios, D., Prieto Luévano, J., Gonzalez Franco, A. C. & Guerrero Prieto, V. (2017) Semicomposta y vermicomposta mezcladas con turba de musgo mejoran la germinación de semillas y el desarrollo de plantulas de lechuga y tomate. *Interciencia* 42(11), 774-779.
- Hernández, J.; Cruz, A. (1993). Boletín informativo sobre el uso de subproductos: Gallinaza. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. p. 5.



- Howell, D. y Roth, B. S. (1981). Sexual reproduction in agaves: The benefits of bats, the cost of semelparous advertising. *Ecology*, 62, 1–7.
- Huerta Lovera, M., Peña Valdivia, C. B., García Esteva, A., Kohashi Shibata, J., Campos García, H. y Aguirre Rivera, J. (2018) Maguey (*Agave salmiana*) infructescence morphology and its relationship to yield components. *Springer Genetic Resources and Crop Evolution* 65(6), 1649 – 1661. doi:10.1007/s10722-018-0641-6
- Illsley Granich, C. y Torres García, I. (2018) Biología de los magueyes mezcaleros silvestres de semilla. Pp. 15 – 24. En: Illsley, C.; Torres, I.; Hernández, J.; Morales, P.; Varela, R.; Ibáñez, I. y Nava, H. (Editores). Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales. Grupo de Estudios Ambientales, AC, Editado e impreso en México. Pp. 95. ISBN: 978-607-95925-1-6.
- Jiménez Durán, K. y Cruz García, F. (2011) Incompatibilidad sexual, un mecanismo genético que evita la autofecundación y contribuye a la diversidad vegetal. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34 (1), 1 – 9.
- Labrada R, (2005). Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum 1, Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Pp. 403.
- Langlé Argüello, L.; Gutiérrez Hernández, G. y Martínez Gutiérrez, G. (2017). Efecto del tiempo de almacenamiento y procedencia de semillas de *A. potatorum* Zucc. en la germinación y viabilidad. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 4(2), 48 - 60. doi:ISSN: 2007-9559
- Lara Ávila, J. P. y Alpuche Solís, A. G. (2016). Análisis de la diversidad genética de agaves mezcaleros del centro de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 33, 323-330.
- Lardizábal, R. (2007) Manual de producción de plántulas en bandejas, Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores, Lima, Cortes, Honduras, p. 23.

- Lastiri Hernández, M. A., Álvarez Bernal, D., Soria Martínez, L. H., Ochoa Estrada, S. y Cruz Cárdenas, G. (2017) Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de siete especies forrajeras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(6), 1245 – 1257.
- Lazcano Villarreal, D. y Pacheco Treviño, S. (2015) Sierra San Antonio Peña Nevada, Zaragoza, Nuevo León: La actividad herpetofaunística y los agaves de la sierra. *Revista Planta* 9 (19), 26 – 32.
- León Jacinto, A. y Torres, I. (2015) Polinización del Maguey Alto en el Municipio de Morelia. En Martínez Palacios, A., Morales García, J. L. y Guillen Rodríguez, S. (2015) Aspectos sobre el manejo y la conservación de Agaves Mezcaleros en Michoacán. (pp. 141 – 150) SAGARPA. ISBN 978-607-811-643-0
- López Gómez, F. A., López Delgado, A., Alguacil, F. J. y Manso, J. (2009) Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro de humo de alta pureza. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM) <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10261/17979>, pp. 1 – 25.
- López Romero, J. C., Ayala Zavala, J. F., González Aguilar, G. A., Peña Ramos, E. A. & González Ríos, H. (2017) Biological activities of Agave by – products and their posible applications in food and pharmaceuticals. *J Sci Food Agric*. Pp. 1 – 5.
- M. Lear, K. (2019) Consideraciones sociales y ecológicas para restauración de magueyes para murciélagos polinizadores de Nuevo León y Coahuila. pp. 113 – 122. En: Blanco Macías, F., Vázquez Alvarado, R. E., Valdez Cepeda, R. D., Santos Haliscak, J. A. y Ojeda Zacarías, M. C. (Editores) *Memorias del XVIII Simposium – Taller Nacional y XI Internacional “Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey”*. Campus de Ciencias Agropecuarias y Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, N.L., México. 253 p.
- Marone, M. P., Zaneli Campanari, M. F., Raya, F. T., Pereira, G. A. G. & Carazzolle, M. F. (2022) Fungal communities represent the majority of root-specific

transcripts in the transcriptomes of *Agave* plants grown in semiarid regions. PeerJ. 10., DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.13252>

Martínez Martínez, M. y Bautista Aparicio, G. (2017) Reproducción sexual y crecimiento de agaves en función del tipo de sustrato y tratamientos pregerminativos. 4to Congreso Internacional de jóvenes investigadores. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, CONACYT, 1 – 9.

Martínez Sías, V. A. (2018) Efecto del azufre elemental (S°) y gallinaza sobre crecimiento, rendimiento y acumulación nutrimental del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero tipo casa sombra. (Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados Campus San Luis Potosí) Repositorio de Documentos en Acceso Abierto del Colegio de Posgraduados – COLPOS digital. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/3121?show=full>

Martínez Vargas, E. J., Martínez Palacios, A., Guillén Rodríguez, S., Martínez Castro, L., Sánchez Vargas, N. y Ambríz Cervantes, L. (2015) Efecto de la temperatura y la humedad en el almacenamiento y la germinación de semillas de *Agave cupreata* y *A. Inaequidens*. En Martínez Palacios, A., Morales García, J. L. y Guillén Rodríguez, S. (2015) Aspectos sobre el manejo y la conservación de Agaves Mezcaleros en Michoacán. (pp. 127 – 139) SAGARPA. ISBN 978-607-811-643-0

Meléndez Ramírez, V., Chablé Santos, J. y Salas, C. S. (2020) Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrociencias* 13 (2). 109 – 119.

Molina Frenner, F. y Eguiarte, L. E. (2003) The pollination biology of two paniculate agaves (Agavaceae) from northwestern Mexico: contrasting roles of bats as pollinators. *American Journal of Botany* 90 (7). 1016 – 1024.

Navidad Zúñiga, L. E. (2014) Caracterización y evolución de sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) [Tesis profesional para el grado de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Universidad Autónoma de San Luis Potosí] Repositorio institucional de la UASLP. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3472>

- North, G. B. y Nobel, P. S. (1997) Root – soil contact for the desert succulent *Agave deserti* in wet and drying soil. *New Phytologist* 135., 21 – 29.
- Olego, M. A., Cordero, J., Quiroga, M.J., Sánchez García, M., Álvarez, J.C. y Garzón Jimeno, E. (2015) Efecto de la incorporación de leonardita en el nivel de materia orgánica y micronutrientes en un suelo inceptisol dedicado a viña (*Vitis vinífera* L.). *ITEA* 111(3), 210-226.
- Olvera Vargas, L. A., Pardo Núñez, J., Aguilar Rivera, N. & Contreras Medina, D. I. (2022). Detección de *Agave angustifolia* y *Agave cupreata* con técnicas geomáticas en Guerrero, México. 23(2), e2241. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol23\\_num2\\_art:2241](https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2241)
- Orea Lara, G., Cifuentes Díaz de León, A., Gómez Ortiz, S. y Hernández Vargas, V. (2006) Germinación de semillas (*Agave durangensis*) a diferentes temperaturas y efecto de la fertilización en el desarrollo de las plántulas, *Vidsupra* 1(2), 51-56.
- Ortega Martínez, L. D., Sánchez Olarte, J., Díaz Ruiz, R. y Ocampo Mendoza, J. (2010) Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL). *Ra Ximhai* 6(3), 365 – 372.
- Ortiz Hernández, Y.; Gutiérrez Hernández, G.; Corzo Ríos, L.; García Ramírez, E. y Martínez Tomás, S. (2018). Varietal and germinative characterization of *Agave potatorum* (Asparagaceae) seeds with different origins. *Botanical Sciences*, 628-639. DOI:10.17129/botsei.1914
- Pantoja, A., Smith Pardo, A., García, A., Sáenz, A. y Rojas, F. (2014) Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Primera Edición. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. Pp. 56.
- Peláez Arroyave, G. J.; Velásquez Restrepo, S. M. y Giraldo Vásquez, D. H. (2017), “Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura,” *Ciencia e*

ingeniería Neogranadina, 27 (2), pp. 27-50. DOI:  
<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2143>

Pérez de León, A.; Caamal Velázquez, J.; Alamilla Magaña, J.; Criollo Chan, Ma.; Chanatasig Vaca, C. y Garruña Hernández, R. (2020). Alternativas innovadoras en la micropropagación de agaves mezcaleros. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 41- 48.

Pérez Hernández, E., Chávez Parga, Ma. C. y González Hernández, J. C. (2016) Revisión del agave y el mezcal. *Revista Colomb. Biotecnol.* 19(1): 148 – 164. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.49552

Pérez Sánchez, R. M. (2009) Germinación de semillas de especies útiles y/o en categoría de riesgo del sur del desierto Chihuahuense: efecto de la temperatura y del potencial hídrico (Tesis de Maestría, Instituto Potosino de investigación científica y tecnológica, A. C.) Repositorio IPICYT. <https://207.249.123.196/jspui/handle/1010/8/browse?type=subject&order=ASC&rpp=20&value=Acacia+scaffneri>

Pinos Rodríguez, JM., Zamudio, M. y González, SS. (2008) The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *South African Journal of Animal Science*, 38 (1), 43 – 50.

Pita Villamil, J. M. & Pérez García, F. (1998). *Germinación de semillas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ISBN: 84-491-0356-8. Pp. 20.

Porrás-Ramírez, E. S., Sosa-Marcos, Y., Palma-Cruz, F., & Cisneros, A. (2016). Phenotyping the Genetic Diversity of Wild Agave Species that Coexist in the Same Spatial Region. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(2), 640–648. doi:10.15835/nbha44210586

Pritchard, H. W. & Miller, A. P. (1995) The effects of constant temperatures, light and seed quality on the germination characteristics of *Agave americana*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 57, 11 – 14. DOI: 10.17129/botsoci.1472

- Ram, L. J., Debaeke, P., Steinberg, C., Pei, Y. M., Barbetti, M. J. y Noel, A. J. (2018) Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. *Plant Soil*. 432, 1 – 28.
- Ramírez Tobías, H. M., Peña Valdivia, C. B. y Aguirre, R. J. (2014) Respuestas bioquímicas-fisiológicas de especies de Agave a la restricción de humedad. *Botanical Sciences* 92(1), 131 – 139.
- Ramírez-Tobías, H.M.; Peña-Valdivia, C.B.; Aguirre R, J. R.; Reyes-Agüero J. A.; Sánchez-Urdaneta, A.B. y Salvador Valle, G. (2012) Seed germination temperatures of eight Mexican Agave species with economic importance. *Plant Species Biology*. 27:124 –137.
- RENCAL. Reciclado de neumáticos de Castilla y León S. L. (2020). Ficha técnica de producto NECALFLEX (FTP) Recuperado el 14 de febrero 2022 de <https://renecal.com/productos/caucho>
- Reyna Morales, C. (2020) Micropropagación de brotes de *Agave montium* – *sancticaroli* a partir de yemas apicales. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León) Repositorio académico digital UANL. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/20218>
- Reynoso Santos, R., García Mendoza, A. J., López Báez, W., López Luna, A., Cárdenas Iñiguez, P., Pérez Farrera, M. A. y Domínguez Gutiérrez, M. H. (2012) Identificación taxonómica de agaves (*Agave spp.*) utilizados para la elaboración del licor comiteco en Chiapas, México. *Agro Productividad* 5 (4), 9 – 17.
- Ríos Ramírez, S. C., Enríquez del Valle, J. R., Rodríguez Ortiz, G., Ruíz Luna, J. y Velasco Velasco, V. A. (2021) El crecimiento de *Agave angustifolia* Haw. con relación a la condición nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(5), 865 – 873.
- Rizo, E. (6 de julio 2015) Características de los principales sustratos para la producción protegida de alimentos. *Hortalizas*. Recuperado el 26 de Julio del 2022 de <https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/en-busca-del-sustrato-ideal/>

Rodríguez Neave, F. (2015) Sustancias Húmicas: origen, caracterización y uso en la agricultura. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura – INTAGRI. Recuperado el 24 de marzo de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal#:~:text=Las%20sustancias%20h%C3%BAmicas%20se%20forman,turbas%20y%20en%20la%20leonardita>.

Sánchez Mendoza, S.; Bautista Cruz, M. y Córdova Campos, O. (2017). Sustratos y tratamientos pregerminativos en el crecimiento inicial de agaves silvestres. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 4 (2), 28 - 36. doi:ISSN: 2007-9559

Scheinvar, Gottdiener, E. (2017) Agave, mezcal tradicional, cultura y diversidad., *Revista de Divulgación científica publicada por el Instituto de Ecología de la UNAM = Oikos* No. 18, pp. 9-13.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2017) Agave tequilero y mezcalero mexicano. México: planeación agrícola nacional: 2017-2030. p. 2. México.

SENASICA – Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2020) Podredumbre de raíces por *Fusarium spp* (*Hypocreales: Nectriaceae*) en maíz. DGSV-CNRF.. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 15 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2017). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [base de datos]. Recuperado el 21 de marzo del 2022 de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio Meteorológico Nacional (2018), Normales Climatológicas por Estado: Nuevo León, Gobierno de México. Comisión Nacional del Agua. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Nuevo León, Aramberri, La Ascensión, 00019111. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=nl>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (01 de agosto de 2017) Agave (Agave spp.)\*. Recuperado el 24 de agosto de 2021 de <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/agave-agave-spp>

Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta - SIACON (2020) Base de datos del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero (SIAP). México. Recuperado el 21 de marzo del 202 de: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>.

Suárez, D., y Melgarejo, L. M. (2010). Biología y germinación de semillas. *Experimentos en fisiología vegetal*, 13-25.

Sztern, D. y Pravia, M. A. (1999) Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud organización mundial de la salud. Pp. 67

Taylor, D., Flanders, J., Pierson, K. & Bayless, M. (2019) Murciélagos y agave una iniciativa de Bat Conservation International: un esfuerzo binacional para recuperar las poblaciones de murciélagos polinizadores de agave. pp. 107 – 110. En: Blanco Macías, F., Vázquez Alvarado, R. E., Valdez Cepeda, R. D., Santos Haliscak, J. A. y Ojeda Zacarías, M. C. (Editores) Memorias del XVIII Simposium – Taller Nacional y XI Internacional “Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey”. Campus de Ciencias Agropecuarias y Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, N.L., México. 253 p.

Telo Crespo, L. F. (2017) Barreras combinadas de piedra y *Agave angustifolia* L. para la retención de suelo en afloramientos rocosos. CFORES – Revista Cubana de Ciencias Forestales. 5(2), 207-225.

Toledo Chaves, P. F. (2006) Evaluación de un sustituto de turba de musgo (peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce (*Zea Mays* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) bajo condiciones de invernadero en San Jeronico, Baja Verapaz. (Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala)



- Torres Flores, I. (2014) Efecto del sustrato con uso de abonos orgánicos en el desarrollo inicial de plantines de Sangre de Toro (*Virola sebifera Aublet*), Múnich, GRIN Verlag, <https://www.grin.com/document/509704>
- Torres García, I., Rendón Sandoval, F. J., Blancas, J. y Moreno Calles, A. I. (2019) El género *Agave* en los sistemas agroforestales de México. *Botanical Sciences* 97(3), 263-290. <https://doi.org/10.17129/botsci.2202>
- Torres Siller, Ma. I. (14 de junio de 2017) Mixiote, preparación azteca. *Mundo Gourmet. Food and Travel*. Recuperado el 27 de mayo 2022 de <https://foodandtravel.mx/mixiote-preparacion-azteca/>
- Torres, D., Mendoza, B., Meru Marcos, L. y Gómez, C. (2016) Riesgos de salinización y sodificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela. *Revista Multiciencias* 16(2), 133 – 142.
- Trejo Salazar, R. E., Scheinvar, E. y Eguiarte, L.E. (2015) ¿Quién poliniza realmente los agaves? Diversidad de visitantes florales en 3 especies de *Agave* (*Agavoideae: Asparagaceae*). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86, 358 – 369.
- Trejo, R.; Eguiarte, L.E. y Medellín, R. A. (2017) El tequila y el murciélago: ¡todos somos *Leptonycteris*!. *Revista de Divulgación científica publicada por el Instituto de Ecología de la UNAM = Oikos* No. 18, pp. 20 - 23
- Verduzco Martínez, J., Predo Rojas, C. I. y Mercado Hernández, R. (2008) Caracterización e identificación taxonómica del maguey. Pp. 75 – 99. En: Vázquez Alvarado, R. E., Blanco Macías, F. y Valdez Cepeda, R. D. (Editores) *Memorias del VII Simposium – Taller “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México”* Campus Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, N.L., México. 179 p.
- VERTIA Fertilizantes orgánicos. (2021) Meyfer, gallinaza procesada, ficha técnica. Carr. Zuazua-Marín Km. 3, Col. Centro - Gral. Zuazua, Nuevo León, Mx. C.P. 65750. [contacto@vertia.mx](mailto:contacto@vertia.mx) | [www.vertia.mx](http://www.vertia.mx)

Villa Martínez, A., Pérez Leal, R., Morales Morales, H. A., Basurto Sotelo, M., Soto Parra., J. M. y Martínez Escudero, E. (2014) Situación actual en el control de *Fusarium spp.* y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194–205. DOI:10.15446/acag.v64n2.43358

## 7. APENDICE

**Cuadro 1A.** Importancia social y usos diversos del maguey en la República Mexicana (Esparza *et al.*, 2015).

<b>TEJIDO Y VESTUARIO</b>	
Destino	Partes de la planta
Hilos y tejido	Fibra de la penca
Costales, bolsas y mantas	Pencas
Tapetes, lazos y morrales	Pencas
Sandalias y huipiles	Pencas
Cinchos y hamacas	Pencas
Petates y petacas para tortillas	Pencas
Sombreros y ayates gruesos para carga	Pencas
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
Destino	Partes de la planta
Vigas	Quiote seco
Adobes	Bagazo de la piña
<b>MEDICINAL</b>	
Destino	Partes de la planta
Sífilis, Cáncer, etc.	Diversas partes (agavinas)
Inulina	Jugo de agave (Piña)
<b>COMIDA Y CONDIMENTO</b>	
Destino	Partes de la planta
Gusanos blancos	Pencas
Gusanos rojos (chinicuiles)	Raíces
Sal de gusano	Piña
Condimentos para barbacoa	Pulque
Guiso de gualumbo	Flores
Postre	Quiote asado, piña horneada
Azúcar	Agua miel concentrada
Saborizante de tamales y pan	Agua miel y piña
Mixiotes	Epidermis del meyolote
Guiso de huevito	Corazón del meyolote
Levadura	Residuos de pulque
Condimento	Pulque
Tortillas	Quiote
Mezcal dulce	Penca asada u horneada
Barbacoa	Hoja verde
<b>ORNATO</b>	
Destino	Partes de la planta

Adornos de navidad	Maguey completo
Base para adornos de pluma y oro	Pencas
Fibras para arcos florales	Pencas
Adornos corporales	Semillas
Juguetes para niños	Semillas
Sonajas	Semillas
Tocados para mujer	Fibras del quiote

### USO DOMÉSTICO GENERAL

Destino	Partes de la planta
Jabón para ropa	Raíces y pencas
Cepillos para lavar	Raíces
Cepillos y escobas	Raíces
Canastas	Raíces
Clavos	Espinas
Aguja con hilo incluido	Púa terminal con fibra
Recipientes para comida	Pencas
Bateas para masa y otros alimentos	Pencas
Recipiente para agua	Piña
Material para cubrir la barbacoa	Pencas
Escobetas	Pencas
Combustible	Pencas y piñas secas
Bancos para sentarse	Mezontete

### AGROPECUARIO

Destino	Partes de la planta
Deslindar terrenos	Planta completa
Formar y proteger terrazas	Planta completa
Cercas protectoras	Planta completa
Abono	Cenizas de penca y piñas secas
Protección contra la erosión	Planta completa
Alimento para aves	Residuos de pulque

**Cuadro 2A.** Base de datos del número de semillas germinadas por tratamiento (Fase 1).

Tratamiento	Genotipo	S. Germinadas
1	7	15
1	6	9
1	5	3
1	2	1
1	4	2
2	7	-
2	1	-
2	4	-
2	6	-
2	2	-
3	2	-
3	4	-
3	1	10
3	7	9
3	5	10
4	5	6
4	7	7
4	6	23
4	4	1
4	1	7

Tratamiento 1 = 100 % Peat moss; Tratamiento 2 = 100 % Gallinaza; Tratamiento 3 = 50 % Peat moss + 50 % Gallinaza; Tratamiento 4 = 100 % Caucho molido; Genotipos: 1 = *A. americana*; 2. *A. salmiana*; 3. *A. montana*; 4. *A. montium*; 5. *A. asperrima*; 6. *A. scabra* y 7. *A. gentryi*.

**Cuadro 3A.** Base de datos del número de semillas germinadas por tratamiento (Fase 2).

Tratamiento	Genotipo	S. Germinadas
5	4	20
5	1	-
5	3	33
5	2	10
5	1	-
6	3	28
6	1	2
6	4	33
6	2	12
6	3	47
7	1	1
7	2	7
7	3	23
7	4	18
7	2	16
8	2	15
8	4	33
8	1	1
8	3	43
8	4	40

Tratamiento 5 = Mezcla de Peat moss 75 % y Gallinaza 25 % + Leonardita; Tratamiento 6 = Caucho molido + Leonardita; Tratamiento 7 = Mezcla de Peat moss 85 % y Gallinaza 15 % + Caucho molido + Leonardita; Tratamiento 8 = Peat moss + Caucho molido + Leonardita; Genotipos: 1. *A. americana*; 2. *A. asperima*; 3. *A. scabra* y 4. *A. gentryi*.

**Cuadro 4A.** Registro de la temperatura durante el mes de marzo 2021.

<b>Día</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
14	23	22	22	26
15	25	24	24	25
16	40	40	40	40
17	23	23	24	23
18	25	24	25	24
19	24	25	24	25
20	25	25	25	25
21	30	32	26	32
22	30	29	30	28
23	30	28	30	28
24	27	30	28	30
25	26	28	28	30
26	34	42	38	42
27	29	30	30	31
28	28	30	30	32
29	30	30	31	31
30	29	28	30	28
31	30	28	30	28

**Cuadro 5A.** Registro de la temperatura durante el mes de abril 2021.

<b>Día</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
1	30.0	27.0	30.0	28.0
2	28.0	28.0	27.0	29.0
3	28.0	29.0	27.0	30.0
4	27.0	30.0	28.0	30.0
5	27.5	30.0	28.0	30.0
6	27.0	28.0	26.0	28.0
7	35.0	40.0	36.0	42.0
8	31.0	31.0	32.0	37.0
9	24.0	23.0	24.0	24.0
10	25.0	24.0	24.0	24.0
11	28.0	27.5	28.0	28.0
12	28.0	26.0	28.0	28.0
13	28.0	27.5	28.0	28.0
14	28.0	28.0	28.0	27.5
15	26.0	26.0	26.0	26.0
16	24.0	24.0	24.0	24.0
17	26.0	26.0	25.5	26.0
18	26.0	26.0	25.5	26.0
19	26.0	26.0	28.0	26.0
20	26.0	27.0	26.0	26.0
21	26.0	26.0	26.0	26.0
22	26.0	26.0	26.0	26.0
23	26.0	26.0	26.0	26.0
24	26.0	26.0	26.0	26.0
25	26.0	26.0	28.0	26.0
26	24.0	24.0	24.0	24.0
27	24.0	24.0	24.0	24.0
28	24.0	24.0	24.0	24.0
29	24.0	24.0	25.0	25.0
30	24.0	23.0	24.0	24.0



**Cuadro 6A.** Registro de la temperatura durante el mes de mayo 2021.

<b>Día</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
1	23.0	24.0	23.0	24.0
2	22.0	22.0	22.0	22.0
3	23.0	24.0	22.0	22.0
4	22.0	22.0	23.0	23.0
5	22.0	23.0	22.0	22.0
6	22.0	23.0	22.0	22.0
7	22.0	23.0	22.0	23.0
8	23.0	24.0	23.0	24.0
9	22.0	22.0	22.0	22.0
10	23.0	23.0	23.0	23.0
11	22.0	22.0	22.0	22.0
12	23.0	23.0	23.0	23.0
13	23.0	23.0	23.0	23.0
14	23.0	23.0	23.0	23.0
15	34.0	34.0	34.0	34.0
17	21.0	21.0	21.0	21.0
18	21.0	21.0	21.0	21.0
19	21.0	21.0	21.0	21.0
20	21.0	21.0	21.0	21.0
21	22.0	22.0	22.0	22.0
22	23.0	24.0	24.0	24.0
23	23.0	24.0	23.0	24.0
24	25.0	25.0	25.0	25.0
25	23.0	24.0	23.5	24.0
26	23.5	23.5	24.0	24.0
27	24.0	25.0	24.0	24.0
28	24.0	24.0	24.0	23.5
29	24.0	24.0	24.0	24.0
30	24.0	24.0	24.0	24.0
31	24.0	24.0	24.0	23.5

**Cuadro 7A.** Registro de la temperatura durante el mes de junio 2021.

<b>Día</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
1	24.0	25.0	24.0	24.0
2	24.0	24.0	24.0	24.0
3	24.0	24.0	24.0	24.0
4	24.0	24.0	24.0	24.0
5	24.0	24.0	24.0	24.0
6	25.0	24.0	25.0	24.0
7	24.0	24.0	24.0	24.0
8	24.0	24.0	24.0	24.0
9	24.0	24.0	24.0	24.0
10	24.0	24.0	24.0	24.0
11	24.0	23.0	23.5	23.0
12	24.0	24.0	24.0	24.0
13	24.0	24.0	24.0	24.0
14	24.0	24.0	24.0	24.0
15	24.0	24.0	24.5	24.0
16	24.0	24.0	24.0	24.0
17	24.5	24.0	24.5	24.0
18	24.0	24.0	24.0	24.0
19	24.0	24.0	24.0	24.0
20	24.0	24.0	24.0	24.0
21	24.0	24.0	24.0	24.0
22	24.0	24.0	24.0	24.0
23	24.0	24.0	24.0	24.0
24	24.0	24.0	24.0	24.0
25	24.0	24.0	24.0	24.0
26	24.0	24.0	24.0	24.0
27	24.0	24.0	24.0	24.0
28	24.0	24.0	24.0	24.0

**Cuadro 8A.** Registro de la temperatura durante el mes de octubre - noviembre 2021.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
29	21.39	21.25	21.04	21.31
30	22.80	22.02	22.74	22.21
31	25.33	24.00	25.63	24.37
1	39.70	35.68	41.40	36.83
2	29.10	27.13	29.29	27.70
3	29.76	27.74	29.25	27.78
4	29.53	27.54	28.81	27.48
5	28.54	26.14	28.95	26.93
6	29.31	26.03	28.96	26.95
7	30.39	26.37	29.56	27.25
8	29.92	26.64	29.16	27.06
9	27.02	25.87	27.44	26.49
10	25.55	24.93	25.60	25.72
11	25.85	24.79	25.55	25.69
12	25.88	24.57	25.91	25.44
14	38.98	34.56	37.75	34.90
15	35.25	32.00	34.92	31.77
16	25.79	24.16	25.87	24.58
17	25.39	23.80	25.63	24.27
18	25.93	24.49	25.89	25.07
19	25.84	24.25	26.03	24.83
20	25.65	24.54	25.87	25.01
21	25.86	24.48	26.18	24.92
22	25.62	24.30	26.06	24.80
23	25.99	24.90	26.25	25.25
24	25.69	24.37	26.16	24.62
25	25.63	24.24	26.10	24.58

**Cuadro 9A.** Registro de la temperatura durante el mes de diciembre 2021.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
10	24.69	24.61	22.05	23.76
11	25.59	25.39	23.07	24.47
12	30.06	30.07	25.37	28.01
13	36.81	38.89	29.14	33.50
15	15.31	15.08	14.88	15.19
16	16.35	15.99	15.36	15.33
17	18.07	18.17	15.87	15.77
18	17.11	17.00	15.72	15.74
19	17.61	17.72	15.74	15.64
20	17.38	17.10	15.57	15.42
21	17.70	17.50	15.29	15.01
22	17.61	17.46	15.18	14.91
23	16.76	16.71	14.48	14.35
24	18.29	17.91	16.21	15.93
25	19.18	18.87	17.29	17.08
26	19.55	19.26	16.92	16.67
27	19.81	19.57	17.20	17.08
28	18.71	18.44	17.05	16.78
29	19.41	19.10	17.82	17.18
30	18.10	17.77	16.91	16.44
31	19.55	19.21	18.13	17.45

**Cuadro 10A.** Registro de la temperatura durante el mes de enero 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	19.60	19.43	18.15	17.90
2	19.70	19.56	17.38	16.91
3	17.05	16.96	14.63	14.33
5	19.26	19.30	17.25	17.11
6	18.90	18.61	17.14	16.54
7	18.01	17.85	16.18	15.97
8	18.74	18.58	17.04	16.78
9	20.23	19.91	18.65	18.08
10	18.81	18.66	16.97	16.59
11	17.86	17.74	16.07	15.81
12	18.67	18.77	16.19	16.03
13	16.92	16.97	14.64	14.44
14	14.62	14.29	13.56	13.42
15	14.45	14.31	13.45	13.56
16	17.49	17.68	14.84	14.37
17	17.14	17.46	14.77	14.15
18	17.48	17.97	15.19	14.68
19	17.27	17.99	15.01	14.83
20	18.16	18.82	16.03	15.71
21	17.36	17.83	15.19	14.87
22	16.52	16.94	14.19	13.85
23	17.45	17.78	14.87	14.58
24	18.00	18.23	15.47	15.16
25	18.39	18.59	15.71	15.39
26	17.76	18.02	14.99	14.63
27	17.54	18.34	15.04	14.67
28	16.45	16.93	13.85	13.36
29	16.28	16.55	13.29	12.80
30	16.70	16.93	13.73	13.35
31	17.43	18.14	15.29	14.59

**Cuadro 11A.** Registro de la temperatura durante el mes de febrero 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	17.68	18.34	15.15	14.80
2	19.25	19.64	16.54	16.04
3	19.37	19.64	16.52	16.26
4	17.75	17.85	14.76	14.29
5	16.36	16.34	13.25	12.85
6	16.47	16.44	13.51	13.28
7	15.28	15.32	12.52	12.10
8	14.07	14.06	11.17	10.68
9	13.36	13.32	10.74	10.22
10	13.96	13.82	11.26	10.78
11	15.21	15.03	12.44	11.98
12	15.90	15.74	13.04	12.58
13	16.01	15.88	13.05	12.56
14	16.03	15.93	13.03	12.59
15	17.10	17.05	13.97	13.60
16	18.18	18.12	15.02	14.73
17	19.62	19.60	16.56	16.29
18	20.09	20.53	17.31	17.48
19	18.21	18.88	15.82	16.04
20	19.08	19.27	16.31	16.59
21	20.32	20.35	17.59	17.82
22	20.84	20.91	18.80	19.09
23	19.58	19.49	18.10	18.50
24	24.20	23.97	20.96	21.68
25	24.34	24.00	21.10	21.43
26	24.20	23.89	20.99	21.09
27	23.46	23.15	20.37	20.45
28	21.21	21.32	18.24	18.38

**Cuadro 12A.** Registro de la temperatura durante el mes de marzo 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	20.62	20.63	17.67	17.56
2	21.34	20.97	18.20	17.96
3	22.79	22.31	19.36	19.13
4	21.84	21.43	19.17	19.00
5	23.83	23.44	20.27	20.10
6	24.66	24.26	21.07	20.97
7	24.03	23.57	20.91	20.76
8	22.53	22.19	19.99	19.93
9	21.32	21.08	18.87	18.90
10	19.75	19.39	17.93	17.86
11	18.86	18.56	17.76	17.68
12	13.15	13.32	12.26	12.48
13	14.42	14.14	13.46	13.41
14	15.66	15.33	14.70	14.59
15	15.64	15.30	14.65	14.59
16	16.05	15.71	15.07	15.09
17	17.69	17.34	16.69	16.70
18	17.08	16.83	16.03	16.16
19	16.18	15.91	15.18	15.34
20	16.28	15.98	15.46	15.48
21	17.17	16.99	16.38	16.38
22	17.44	17.42	17.02	17.05
23	15.58	15.44	14.75	14.84
24	14.50	14.11	13.67	13.67
25	14.52	13.97	13.57	13.51
26	15.03	14.50	14.05	14.00
27	15.71	15.25	14.72	14.69
28	17.05	16.63	16.04	16.01
29	18.87	18.47	17.75	17.72
30	20.79	20.56	19.80	19.87
31	19.58	19.33	18.68	18.84

**Cuadro 13A.** Registro de la temperatura durante el mes de abril 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	18.89	18.66	18.17	18.24
2	19.06	18.74	18.40	18.38
3	19.38	19.06	18.84	18.77
4	19.20	19.18	18.66	18.62
5	19.81	19.88	19.63	19.54
6	20.23	20.22	19.76	19.73
7	18.26	18.20	17.34	17.43
8	17.73	17.52	16.90	16.94
9	18.12	17.85	17.35	17.34
10	18.73	18.39	17.95	17.94
11	19.89	19.60	19.09	19.07
12	20.57	20.27	19.82	19.87
13	20.65	20.37	19.87	19.96
14	20.99	20.58	20.10	20.22
15	21.29	20.93	20.61	20.62
16	22.14	21.79	21.51	21.50
17	22.70	22.36	22.10	22.06
18	21.69	21.52	21.01	21.17
19	20.91	20.66	20.37	20.42
20	20.87	20.65	20.42	20.37
21	20.03	19.88	19.58	19.64
22	19.86	19.61	19.35	19.36
23	19.61	19.37	19.17	19.15
24	20.36	20.09	19.67	19.66
25	21.83	21.74	20.38	20.47



**Cuadro 14A.** Registro de la humedad durante el mes de octubre - noviembre 2021.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
29	58.00	25.33	73.67	79.33
30	50.25	25.92	65.21	78.25
31	47.79	28.29	59.04	78.17
1	43.88	84.25	57.92	80.13
2	39.88	36.33	52.58	77.50
3	36.75	51.71	50.04	78.08
4	37.70	48.87	51.83	78.26
5	39.88	26.00	58.42	78.04
6	35.04	26.00	54.08	78.04
7	34.58	26.00	51.71	77.96
8	39.42	26.00	55.21	78.04
9	45.38	43.08	67.33	78.17
10	45.04	46.25	73.38	78.04
11	43.04	41.29	71.79	78.58
12	42.47	27.26	66.89	78.58
14	37.78	26.78	72.67	82.78
15	40.67	26.13	66.46	81.33
16	49.75	26.17	72.96	78.04
17	47.63	26.17	71.17	76.67
18	46.96	27.00	73.46	69.92
19	44.58	27.13	73.00	69.17
20	45.75	36.46	73.67	69.13
21	43.92	38.00	73.38	69.00
22	43.08	37.50	73.04	68.54
23	42.63	37.13	73.33	68.13
24	41.29	36.83	73.29	68.00
25	39.65	36.70	73.30	67.70

**Cuadro 15A.** Registro de la humedad durante el mes de diciembre 2021.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
10	61.38	26.00	72.25	78.63
11	62.83	26.00	72.17	77.71
12	66.04	25.58	71.13	78.17
13	64.25	25.06	66.94	77.31
15	67.00	27.00	70.00	63.33
16	57.75	34.42	60.63	51.33
17	59.25	32.58	60.96	51.54
18	65.08	27.04	66.33	56.25
19	66.27	27.00	64.91	58.91
20	68.71	27.00	62.54	67.83
21	67.21	27.00	60.50	66.67
22	66.75	27.00	58.96	63.21
23	65.50	27.00	57.33	61.63
24	68.67	27.00	56.38	59.29
25	67.96	27.00	54.79	56.75
26	66.42	27.00	61.25	65.21
27	65.50	27.00	55.67	62.83
28	66.71	27.00	56.21	64.67
29	67.08	27.00	55.79	64.21
30	66.21	27.00	51.17	60.83
31	65.46	27.00	44.29	56.17

**Cuadro 16A.** Registro de la humedad durante el mes de enero 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	66.42	27.00	44.29	54.33
2	68.50	27.00	62.17	70.08
3	66.78	27.00	57.04	61.80
5	65.83	27.00	57.17	60.83
6	63.75	27.00	53.63	56.58
7	60.71	27.00	46.58	52.42
8	59.79	27.00	43.17	49.75
9	58.38	27.00	40.17	42.88
10	55.96	27.00	40.00	41.46
11	56.08	27.00	46.96	47.29
12	64.46	27.00	67.67	68.75
13	64.13	27.00	67.13	67.75
14	64.79	27.00	67.63	66.58
15	65.13	27.00	67.42	65.29
16	62.83	27.00	66.79	66.21
17	59.58	27.00	65.54	64.63
18	57.54	27.00	62.96	59.63
19	55.25	27.00	57.96	55.04
20	49.46	27.00	51.29	51.04
21	45.63	27.00	47.96	50.38
22	42.83	27.00	46.83	49.58
23	41.00	27.00	45.75	48.75
24	40.13	27.00	44.96	48.13
25	39.79	27.00	43.75	47.17
26	43.08	27.00	46.67	49.04
27	56.83	27.00	64.13	64.96
28	43.54	27.00	58.96	64.38
29	40.08	27.00	55.00	62.92
30	40.88	27.00	50.75	61.54
31	47.75	27.00	46.96	58.33

**Cuadro 17A.** Registro de la humedad durante el mes de febrero 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	40.21	27.00	43.58	54.25
2	39.58	27.00	43.04	52.00
3	38.46	27.00	42.00	50.75
4	37.92	27.00	43.00	51.50
5	37.58	27.00	42.08	49.38
6	38.00	27.00	42.50	49.17
7	37.67	27.00	44.46	49.83
8	41.96	27.00	45.42	51.13
9	59.46	27.00	62.33	66.13
10	47.58	27.00	60.63	65.13
11	42.00	27.00	57.88	64.29
12	40.46	27.00	55.17	62.79
13	39.13	27.00	49.96	60.33
14	38.67	27.00	46.21	57.75
15	38.42	27.00	43.88	54.33
16	38.00	27.00	42.96	51.29
17	38.00	27.00	41.00	49.27
18	34.54	23.54	24.38	23.38
19	42.83	23.71	24.25	23.13
20	36.21	23.54	24.63	23.21
21	30.65	23.60	24.40	22.90
22	27.00	23.21	23.63	22.63
23	25.76	23.65	24.53	22.65
24	23.87	22.74	23.26	21.96
25	22.83	22.79	22.67	22.00
26	22.75	22.67	22.58	22.00
27	22.75	22.71	22.67	22.00
28	30.54	24.71	24.96	24.54

**Cuadro 18A.** Registro de la humedad durante el mes de marzo 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	32.58	26.63	26.71	26.58
2	26.13	26.38	26.46	26.38
3	24.42	24.96	26.42	26.42
4	24.00	24.38	26.38	26.38
5	23.33	23.42	26.00	26.00
6	22.70	23.00	25.70	25.65
7	22.88	23.17	25.96	25.88
8	23.04	23.67	26.38	26.25
9	23.38	23.75	26.21	26.04
10	23.63	24.00	26.21	25.96
11	23.58	23.92	26.08	25.75
12	24.46	24.96	26.96	26.50
13	24.33	24.67	26.54	25.63
14	23.96	24.50	26.13	25.17
15	23.96	24.58	25.71	24.42
16	23.79	24.42	25.58	23.38
17	23.63	24.17	24.96	22.63
18	23.71	24.00	24.67	22.71
19	23.88	24.04	24.58	22.92
20	23.92	24.25	24.58	23.00
21	28.71	24.58	24.96	23.96
22	40.25	26.58	26.08	24.88
23	32.17	27.00	25.75	24.63
24	25.88	27.00	25.71	24.63
25	24.38	27.38	25.58	24.42
26	24.25	26.38	25.54	24.38
27	23.96	25.25	25.21	23.79
28	23.67	24.38	24.92	23.38
29	23.38	24.17	24.42	22.54
30	23.00	23.46	23.50	22.00
31	23.42	23.63	23.58	22.08

**Cuadro 19A.** Registro de la humedad durante el mes de abril 2022.

<b>Día</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
1	23.58	23.71	23.54	22.33
2	23.63	23.75	23.54	22.63
3	23.71	23.96	23.50	22.58
4	39.17	25.46	25.83	25.67
5	45.42	26.21	25.33	24.50
6	37.67	26.54	24.58	24.21
7	26.96	26.46	24.83	24.58
8	24.38	25.33	24.79	24.63
9	23.96	24.58	24.79	24.54
10	24.00	24.79	25.38	24.38
11	23.58	24.38	24.42	23.58
12	23.46	24.25	24.38	23.38
13	23.38	24.13	23.54	22.54
14	23.46	24.17	23.63	22.63
15	23.67	25.33	23.88	22.71
16	23.58	25.08	23.46	22.58
17	23.54	24.63	23.21	22.58
18	23.83	25.00	23.63	23.00
19	24.00	25.33	23.63	23.13
20	24.04	25.25	23.54	23.08
21	24.00	25.08	23.75	23.17
22	24.54	25.96	23.83	23.58
23	24.67	26.00	24.04	23.63
24	24.42	25.63	23.75	23.38
25	24.00	25.09	23.73	23.00