

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO FORESTAL



Caracterización de Semillas y Germinación de Especies de Plantas Nativas con
Potencial para Jardines de Polinizadores

Por:

JULIA CRUZ JIMENEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO FORESTAL

Caracterización de Semillas y Germinación de Especies de Plantas Nativas con
Potencial para Jardines de Polinizadores

Por:

JULIA CRUZ JIMENEZ

TESIS

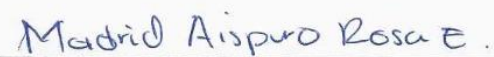
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité Asesor:


DRA. MICHELLE IVONNE RAMOS ROBLES
Asesor Principal


DR. JOSE ANTONIO HERNANDEZ HERRERA
Coasesor


DRA. ROSA ELVIRA MADRID AISPURO
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

Derechos de Autor y Declaración de no plagio

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

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

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

Autor principal



Est. Julia Cruz Jiménez

Asesor principal



Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios por haberme dado la vida, fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para llegar hasta este momento. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino, por sostenerme en los momentos de dificultad y por iluminarme cuando las dudas y el cansancio parecían superar mis fuerzas.

A mis padres: Norvi y José Antonio, por haber sido el ejemplo más grande de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia. Gracias por enseñarme que los sueños se construyen con trabajo, disciplina y fe, todo lo que hoy logro, es reflejo de los valores y principios que sembraron en mí desde el inicio de mi vida.

A la memoria de mi madre, quien aun en su ausencia sigue siendo la presencia más grande de mi vida. Su amor incondicional, su entrega, sus enseñanzas y la fortaleza que siempre la caracterizó continúan guiando cada uno de mis pasos. Aunque hubiese deseado compartir este logro a su lado, llevo conmigo cada recuerdo, consejo y sacrificio que hizo por mí. Su recuerdo ha sido mi inspiración en los momentos más difíciles y la razón para no rendirme cuando el cansancio y la incertidumbre parecían vencerme.

A mis hermanas: Lili, Trinita y Lupita, les agradezco profundamente por acompañarme durante este largo camino, por su paciencia, comprensión y cariño incondicional, a mi hermano Juan Antonio y su esposa Susana, quienes me brindaron su apoyo constante y significativo en cada etapa de este proceso. Gracias por ser mi refugio en los momentos de dificultad, su apoyo emocional fue fundamental para alcanzar esta meta que hoy culmina con orgullo.

A toda mi familia, quiero expresar mi gratitud por estar presente en cada etapa de este recorrido. Cada palabra de aliento y cada gesto de cercanía me recordaron que este logro no solo es mío, sino también de quienes caminaron a mi lado.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles por su invaluable guía, dedicación y compromiso, gracias por compartir sus conocimientos, por su paciencia, exigencia académica y por impulsarme siempre

a dar lo mejor de mí. Su orientación no solo contribuyó a la realización de este trabajo sino también a mi crecimiento profesional y humano.

Agradezco también al Dr. José Antonio Hernández Herrera, por su acompañamiento y valiosas observaciones que enriquecieron este proyecto. Su experiencia y consejos fueron un apoyo esencial para fortalecer la calidad académica de esta investigación.

De igual manera, expreso mi gratitud a la Dra. Rosa Elvira Madrid Aispuro, por su apoyo constante, paciencia y aportaciones significativas. Su confianza y dedicación representaron un impulso fundamental para superar los retos de este proceso y culminar con éxito esta etapa.

Mi gratitud también se extiende a la Bióloga Mirna Raquel Zamudio Pérez por su disposición, apoyo y colaboración a lo largo de este proceso. Gracias por cada consejo, por su tiempo y por la ayuda brindada en todo momento.

A mis amigos, quienes estuvieron presentes a lo largo de este proceso, gracias por su compañía sincera, por escucharme, motivarme y compartir conmigo tanto los momentos difíciles como las alegrías que surgieron durante esta etapa, su amistad representó una fuente de fortaleza y tranquilidad que hizo más llevadero este recorrido académico y personal.

Finalmente, agradezco a la vida por permitirme llegar hasta este momento, por cada aprendizaje adquirido durante este camino y por las experiencias que fortalecieron mi carácter, mi vocación y mi deseo de seguir creciendo tanto personal como profesionalmente. Este logro representa no solo la culminación de una etapa académica, sino también el reflejo del esfuerzo, la constancia y el amor de todas las personas que caminaron conmigo a lo largo de este recorrido.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

Contenido	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos e hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia de los polinizadores y su conservación	4
2.2. Jardines de polinizadores como estrategia de conservación	5
2.3. Uso de especies nativas vs. exóticas	6
2.4. Caracterización de semillas	7
2.5. Sustratos y su influencia en la germinación	8
2.6. Estudios previos comparativos	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Sitio de estudio	11
3.2. Especies de estudio.....	11
3.3. Caracterización de las semillas.....	12
3.5. Monitoreo de germinación y variables de respuesta.....	13
3.6. Análisis estadístico	14
4. RESULTADOS.....	16
4.1. Caracterización de semillas	16
4.2. Germinación de especies	20
4.3. Vigor de plántulas	22
5. DISCUSIÓN	24
6. CONCLUSIONES	27
7. LITERATURA CITADA.....	28
8. ANEXOS	33
Anexo 1. Descripción morfológica, distribución y características de cada especie.	33
8.1. Anexo fotográfico	38
Anexo 2. Fotografía de las semillas de cada especie.....	38
Anexo 3. Fotografía de la germinación.	41
Anexo 4. Fotografía de las plantas por tratamiento	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Caracterización de semillas de especies nativas del noreste de México.....	18
Cuadro 2. Porcentaje de germinación.....	20
Cuadro 3. Cálculo de Índice de vigor.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Charola de germinación (charolas de plástico de 200 cavidades y 10 mL por cavidad).	13
Figura 2. Comparación morfológica de semillas de especies nativas del noreste de México mediante variables de ancho, largo y peso.....	19
Figura 3. Bi-plot que muestra los componentes principales de 10 especies de semillas del noreste de México, basado en tres variables (largo ancho y peso)..	19
Figura 4.Comparación de porcentaje de germinación por especie y por tratamiento	21
Figura 5. Bi-plot de características principales de vigor en plántulas en dos tratamientos, donde se presentan diferentes variables (Altura del tallo, ancho de la hoja, largo de la hoja, diámetro, altura total y altura de la raíz). Cada color y forma representa un tratamiento diferente.	23

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar las semillas y evaluar la germinación de especies de plantas nativas con potencial como recurso alimenticio y hábitat para polinizadores en el jardín de polinizadores Experimentalis. El estudio se desarrolló considerando la importancia de utilizar flora nativa en estrategias de conservación de polinizadores, debido a su adaptación a las condiciones ambientales locales y su contribución al mantenimiento de interacciones ecológicas. Se seleccionaron diez especies nativas del noreste de México, a las cuales se les realizaron una caracterización morfológica y física de semillas mediante la medición de variables como peso, largo, ancho, forma y característica de la testa. Posteriormente, se evaluó su germinación bajo tres tratamientos de sustrato: suelo del jardín (control), mezcla de peat moss + perlita y mezcla de fibra de coco + perlita. El diseño experimental fue en bloques al azar con seis repeticiones por tratamiento a excepción de *Salvia greggii* y *Asclepias linaria* que fueron tres repeticiones por tratamiento. Los datos fueron analizados mediante pruebas estadísticas no paramétricas, modelos lineales generalizados y análisis multivariados. Los resultados mostraron una alta variación morfológica entre especies, con diferencias significativas en el peso, largo y ancho de las semillas. En general, predominó la presencia de semillas con testa dura. De las diez especies evaluadas, únicamente seis presentaron germinación. Los tratamientos con peat moss + perlita y fibra de coco + perlita favorecieron significativamente la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas en comparación con el suelo del jardín. En cuanto al vigor de las plántulas se observaron diferencias entre especies y tratamientos, destacado un mayor desarrollo radical en algunas especies y mayor crecimiento foliar en otras. Se concluye que la composición del sustrato influye en la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas, por lo que la selección adecuada del medio de cultivo puede favorecer la propagación de especies nativas con potencial para su uso en jardines de polinizadores.

Palabras clave: Caracterización de semillas, especies nativas, germinación, tratamientos, vigor de plántulas, jardines de polinizadores.

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize seeds and evaluate the germination of native plant species with potential as food resources and habitat for pollinators in the Experimental Pollinator Garden. The study was conducted considering the importance of using native flora in pollinator conservation strategies, given their adaptation to local environmental conditions and their contribution to maintaining ecological interactions. Ten native species from northeastern Mexico were selected and subjected to morphological and physical seed characterization through measurements of variables such as seed weight, length, width, shape, and seed coat characteristics. Subsequently, germination was evaluated under three substrate treatments: garden soil (control), a peat moss + perlite mixture, and a coconut fiber + perlite mixture. The experimental design consisted of a randomized block design with six replicates per treatment, except for *Salvia greggii* and *Asclepias linaria*, which had three replicates per treatment. Data were analyzed using nonparametric statistical tests, generalized linear models, and multivariate analyses.

The results revealed high morphological variation among species, with significant differences in seed weight, length, and width. In general, hard-coated seeds predominated among the evaluated species. Of the ten species assessed, only six exhibited germination. The peat moss + perlite and coconut fiber + perlite treatments significantly enhanced germination and early seedling development compared to garden soil. Regarding seedling vigor, differences were observed among species and treatments, with some species exhibiting greater root development and others showing enhanced foliar growth. It is concluded that substrate composition influences seed germination and early seedling development; therefore, the appropriate selection of a growing medium can promote the propagation of native species with potential for use in pollinator gardens.

Keywords: Seed characterization, native species, germination, substrate treatments, seedling vigor, pollinator gardens.

1. INTRODUCCIÓN

La caracterización de semillas de especies nativas es una herramienta importante para el desarrollo de estrategias de conservación, restauración ecológica y propagación de plantas con valor ecológico. En el caso de jardines de polinizadores, el uso de especies nativas resulta relevante, ya que estas plantas suelen estar mejor adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas y biológicas locales, lo que favorece su establecimiento, reduce los requerimientos de mantenimiento y permite mantener interacciones ecológicas con la fauna de la región (Dascanio, 2022).

La polinización es un proceso ecológico fundamental para la reproducción de muchas especies vegetales y para la producción de alimentos. Se estima que una gran proporción de las plantas con flor depende, al menos en cierta medida, de animales polinizadores para su reproducción (Ollerton *et al.*, 2011). Sin embargo, en la última década se ha documentado que diversos factores como la introducción de especies no nativas, la fragmentación del hábitat, la agricultura, el uso de pesticidas y el cambio climático, han contribuido al deterioro ambiental, afectando negativamente a los polinizadores (Sosenski y Domínguez, 2018; IPBES, 2016).

Como respuesta a esta problemática, los jardines de polinizadores se han convertido en una estrategia de conservación que busca proporcionar recursos alimenticios, refugio y espacios adecuados para la reproducción de estos organismos. El uso de flora nativa en estos espacios es particularmente importante, ya que las especies vegetales locales suelen mantener relaciones ecológicas más estrechas con los polinizadores de la región y presentan una mejor adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del sitio (Hall *et al.*, 2017).

Uno de los grupos más representativos de la flora mundial es la familia Asteraceae, ya que presenta características que favorecen su establecimiento y supervivencia en distintos ambientes. Su amplia distribución se ha atribuido a la eficiencia de sus mecanismos de polinización, su alta capacidad reproductiva y sus estrategias de dispersión y germinación de semillas (Torres y Galeto, 2008).

Es fundamental conocer las características de las especies nativas para optimizar su propagación y asegurar su establecimiento. La caracterización de semillas no solo contribuye al entendimiento botánico y ecológico, sino que también tiene aplicaciones prácticas en la creación de hábitats funcionales que favorezcan comunidades de polinizadores (Kremen *et al.*, 2007).

En regiones áridas y semiáridas del norte de México, donde las condiciones ambientales pueden limitar el establecimiento de muchas especies vegetales, el uso de plantas nativas representa una alternativa importante para proyectos de restauración y conservación. Estas especies pueden proporcionar néctar, polen, refugio y sitios de reproducción para diferentes grupos de polinizadores, incluyendo abejas, mariposas y otros insectos (SADER, 2020).

No obstante, estos organismos enfrentan una disminución asociada a la fragmentación del hábitat y el cambio en el uso del suelo (IPBES, 2016). En este sentido, la caracterización morfológica y física de especies nativas del norte de México representa una herramienta clave para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica orientadas a la conservación de los polinizadores, favoreciendo la resiliencia de los ecosistemas (Kremen *et al.*, 2007).

Sin embargo, para promover el uso de estas especies en jardines de polinizadores, es necesario contar con información sobre sus características reproductivas y sus requerimientos de propagación. La caracterización de semillas permite conocer atributos asociados con la germinación y el establecimiento temprano de las plántulas, mientras que la evaluación de diferentes sustratos ayuda a identificar condiciones adecuadas para su propagación.

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar semillas y evaluar la germinación de especies nativas con potencial para su uso en el jardín de polinizadores Experimentalis, con la finalidad de generar información útil para su propagación y manejo.

1.1. Objetivos e hipótesis

Objetivo general

Caracterizar las semillas y evaluar la germinación de especies de plantas nativas con potencial para su uso como recurso alimenticio y hábitat en el jardín de polinizadores Experimentalis.

Objetivos específicos

1. Caracterizar morfológica y físicamente las semillas de especies de plantas nativas.
2. Evaluar el porcentaje de germinación de cada especie bajo diferentes tratamientos de sustrato.
3. Comparar el vigor y crecimiento inicial de las plántulas entre los tratamientos evaluados.

Hipótesis

La composición de los sustratos influye significativamente en la germinación y el vigor inicial de las plántulas de especies nativas utilizadas como recurso alimenticio y hábitat en jardines de polinizadores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de los polinizadores y su conservación

Los polinizadores cumplen una función esencial tanto en la conservación de los ecosistemas terrestres como en la agricultura a nivel global. Entre los organismos más importantes que participan en este proceso destacan las abejas, mariposas, escarabajos, moscas, aves y murciélagos, ya que contribuyen a la reproducción sexual de múltiples especies de plantas al trasladar el polen de una flor a otra (Ollerton *et al.*, 2011). Se estima que alrededor del 87 % de las plantas con flor requieren en cierta medida, de animales polinizadores para llevar a cabo su reproducción. Asimismo, alrededor del 70 % de los cultivos agrícolas dependen total o parcialmente de la polinización realizada por animales. La relevancia de los polinizadores va más allá de la producción de alimentos, ya que también desempeñan un papel clave en la preservación de la biodiversidad y el mantenimiento del equilibrio ecológico de los ecosistemas naturales (Wenzel *et al.*, 2020).

Las abejas silvestres representan uno de los grupos de polinizadores más relevantes gracias a su gran eficiencia en la polinización y a su amplia diversidad funcional, de acuerdo con Martínez-Peralta y Platas (2018), numerosas especies de abejas nativas poseen adaptaciones particulares que facilitan la polinización tanto de plantas silvestres como de cultivos agrícolas, aportando de manera significativa al bienestar humano y al equilibrio ecológico.

Durante las últimas décadas se ha registrado una notable disminución de las poblaciones de polinizadores a nivel mundial. Esta situación, conocida como la “crisis global de los polinizadores”, se asocia a diversos factores como la pérdida de hábitat, el uso excesivo de pesticidas, la fragmentación del paisaje, la presencia de especies invasoras y el cambio climático (Sosenski y Domínguez, 2018). La expansión de la agricultura intensiva y el crecimiento urbano han disminuido de manera importante la disponibilidad de recursos florales y espacios de anidación para numerosas especies de polinizadores; en ese sentido, Wenzel *et al.* (2020) mencionan que las áreas urbanas pueden funcionar tanto como refugios potenciales para estos organismos como espacios de

presión ecológica, dependiendo del nivel de urbanización y de la presencia de vegetación adecuada.

Asimismo, el cambio climático modifica los patrones fenológicos tanto de las plantas como de los polinizadores, lo que provoca desincronizaciones temporales entre la floración y la actividad de los insectos. Además, eventos como los incendios recurrentes tienen efectos adversos sobre las interacciones entre plantas y polinizadores, así como sobre la reproducción de las especies vegetales (Carbone *et al.*, 2025).

La biodiversidad de las plantas y los polinizadores está estrechamente vinculada mediante una relación de interdependencia. Cuando existe una mayor diversidad vegetal, se amplía la oferta de néctar y polen a lo largo del año, lo que favorece la presencia y abundancia de polinizadores optimizando la reproducción de las plantas y contribuyendo a la estabilidad de los ecosistemas (García-García *et al.*, 2016).

2.2. Jardines de polinizadores como estrategia de conservación

Los jardines de polinizadores son espacios diseñados con vegetación floral, preferentemente nativas con el propósito de ofrecer recursos alimenticios como néctar y polen, además, de refugio y lugares de reproducción para insectos y otros animales polinizadores. Estos espacios se han convertido en una estrategia importante en la conservación tanto *in situ* como *ex situ* en entornos urbanos, rurales y periurbanos ya que favorecen la presencia de especies clave en ecosistemas alterados por la actividad humana (Flores *et al.*, 2025). Su principal objetivo es mantener y aumentar las poblaciones de polinizadores mediante la restauración de recursos florales y la mejora de la conectividad ecológica entre fragmentos de vegetación natural (Duque-Trujillo *et al.*, 2023).

Desde el punto de vista ecológico, estos jardines aumentan la diversidad de polinizadores y promueven la estabilidad en las interacciones entre plantas y polinizadores, la presencia constante de flores ayuda a mantener poblaciones de abejas, mariposas y otros insectos a lo largo de todo el año, incluso en entornos urbanos muy fragmentados (Flores *et al.*, 2025). En el ámbito social, estos

jardines también ofrecen beneficios importantes, funcionan como herramientas educativas que permiten sensibilizar a la población sobre la importancia de los polinizadores, así como la conservación de la biodiversidad, la participación ciudadana en la creación y mantenimiento de estos espacios fomenta la educación ambiental y fortalece la relación entre las personas y la naturaleza (Matteson y Langellotto, 2010).

2.3. Uso de especies nativas vs. Exóticas

Las plantas nativas establecen vínculos ecológicos muy estrechos con los polinizadores de su región, lo que favorece interacciones más especializadas y eficientes, varios estudios indican que los jardines con una mayor presencia de especies nativas suelen albergar comunidades de polinizadores más diversas y funcionales, como resultado de la coevolución entre la flora y la fauna local. El uso de especies nativas en jardines para polinizadores es ampliamente recomendado debido a su adaptación al clima local, su menor requerimiento de manejo y su papel en el mantenimiento de interacciones ecológicas, en México diversas iniciativas promueven la creación de jardines con flora nativa como parte de estrategias para conservar polinizadores y restaurar funciones ecológicas (Hall *et al.*, 2017).

En contraste las especies exóticas pueden tener un papel dual en los jardines destinados a polinizadores, en ciertos casos actúan como fuentes adicionales de néctar y polen, sobre todo cuando las especies nativas tienen floraciones limitadas en el tiempo. No obstante, su aporte ecológico varía según las condiciones espaciales y temporales, ya que no siempre resultan igual de accesibles o atractivas para los polinizadores locales. La introducción de especies no nativas puede implicar riesgos ecológicos, como la competencia con plantas nativas o la modificación de las redes de interacción entre plantas y polinizadores (Staab *et al.*, 2020).

2.4. Caracterización de semillas

Las características morfológicas de las semillas como el tamaño, forma, tipo de germinación y estructuras externas son fundamentales para la identificación de especies y la comprensión de sus estrategias adaptativas (Ruiz-Zapata *et al.*, 2002). Por ejemplo, estudios en especies nativas de México han utilizado criterios como el tipo de germinación, el desarrollo del eje embrionario y la morfología de las plántulas para diferenciar especies y evaluar su potencial en programas de restauración. Estas características también están relacionadas con la dispersión y el establecimiento en distintos ambientes, lo cual es crucial en ecosistemas degradados (Zamora-Cornelio *et al.*, 2010).

Las semillas presentan diversas características físicas, tanto externas como internas, entre las que destacan el tamaño, la forma, el color, el peso, la textura, la dureza de la cubierta, el contenido de humedad y su estructura anatómica. Estas propiedades permiten distinguir especies, variedades y orígenes geográficos, además de estar estrechamente vinculadas con la calidad fisiológica y el potencial de germinación (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2011).

La calidad física y fisiológica de las semillas tiene un efecto directo en el porcentaje y la rapidez de la germinación. Aspectos como el tamaño, el grado de madurez y las condiciones sanitarias son determinantes para el adecuado establecimiento inicial de las plantas (Dias *et al.*, 2014). La caracterización de semillas también resulta fundamental para identificar los mecanismos de dormancia y establecer tratamientos pregerminativos adecuados. En especies forestales y silvestres, el análisis de la dureza de la testa, la velocidad de imbibición y el desarrollo del embrión permite determinar si la latencia se debe a barreras físicas o fisiológicas (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2011).

Dentro de las metodologías tradicionales de evaluación destacan las pruebas de germinación estándar, el ensayo de tetrazolio y las pruebas de envejecimiento acelerado. La prueba de germinación determina el porcentaje de semillas capaces de desarrollar plántulas normales con condiciones controladas, por lo que constituye una de las técnicas más utilizadas a nivel internacional. En contraste la prueba de tetrazolio permite detectar la manera rápida los tejidos

viabiles mediante reacciones bioquímicas que colorean las estructuras vivas del embrión, debido a su confiabilidad estas técnicas son ampliamente aplicadas en semillas agrícolas y forestales (Rodríguez-Quilon *et al.*, 2008).

2.5. Sustratos y su influencia en la germinación

Los sustratos se clasifican en orgánicos, inorgánicos y mezclas, de acuerdo con su origen y composición. Los sustratos orgánicos provienen de materiales vegetales o animales en descomposición, como la turba, la fibra de coco, la composta, el humus de lombriz y la corteza de pino compostada. Entre sus principales características destacan su elevada capacidad para retener humedad y su aporte de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas (Rodríguez-Narváez, 2013).

Los sustratos inorgánicos comprenden materiales de origen mineral y sintético, entre ellos la perlita, vermiculita, arena, tezontle. Su función principal consiste en favorecer la aireación y el drenaje del medio de cultivo, reduciendo así la compactación, no obstante, suelen presentar una mejor capacidad de intercambio catiónico y una limitada retención de nutrientes (Sáez, 1999).

La combinación de materia inorgánica y orgánica desempeña un papel fundamental en la obtención de nuevos sustratos ya que la materia orgánica actúa como componente activo. La incorporación de ambas favorece la formación de espacios porosos, además de aumentar la retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico (Morales-Maldonado y Casanova Lugo, 2015).

Dentro de las propiedades físicas más importantes se encuentran la porosidad total, la densidad aparente, la capacidad de retención de agua, la aireación y granulometría. Una porosidad adecuada permite una correcta circulación de aire y previene la compactación del sustrato, favoreciendo así el desarrollo eficiente de raíces, así mismo la capacidad de retención de agua debe asegurar un nivel óptimo de humedad sin llegar a la saturación (Castro-Garibay *et al.*, 2019).

Por otro lado, las propiedades químicas comprenden el pH, la conductividad eléctrica y la disponibilidad de nutrientes. El pH desempeña un papel importante en la disponibilidad de nutrientes y en la actividad microbiana vinculada al proceso de germinación, asimismo una conductividad eléctrica elevada puede provocar estrés osmótico y disminuir el porcentaje de germinación, particularmente en semillas sensibles a la salinidad (Nicasio-Arzeta *et al.*, 2011).

El sustrato tiene un efecto determinante en el porcentaje de germinación, la rapidez de emergencia y el establecimiento de las plántulas. Un medio de cultivo adecuado facilita la absorción homogénea de agua por las semillas y proporciona condiciones óptimas de oxigenación y temperatura, elementos esenciales para activar el metabolismo germinativo (Andrade-Rodríguez *et al.*, 2008). La germinación depende de condiciones adecuada de humedad, oxígeno y temperatura, las cuales están estrechamente relacionadas con las propiedades físicas del medio de cultivo. Diversos estudios en viveros forestales y hortícolas han demostrado que los sustratos orgánicos combinados con materiales inertes favorecen una mayor emergencia y uniformidad en las plántulas (Espinoza-Calderón *et al.*, 2013).

2.6. Estudios previos comparativos

Uno de los estudios más relevantes fue realizado por García-Muñoz *et al.* (2023) quienes analizaron diferentes sustratos en la germinación y el desarrollo de *Tagetes erecta* (cempasúchil), una especie ampliamente reconocida por su capacidad de atraer abejas y otros insectos polinizadores. Se evaluaron mezclas de peat moss, perlita, aserrín y tierra de hoja. Encontraron que las combinaciones que incluían peat moss y perlita presentaron mayores porcentajes de germinación y un mejor desarrollo inicial debido a una adecuada retención de humedad y aireación. Este trabajo resalta la relevancia en las propiedades físicas del sustrato en especies ornamentales con valor ecológico.

También, García-Hoyos *et al.* (2011) investigaron la influencia de distintos sustratos en la reproducción sexual de *Malpighia glabra* (acerola), una especie tropical muy visitada por abejas y otros polinizadores debido a su abundante

floración, en este estudio compararon peat moss, andosol y vertisol, encontrando diferencias significativas tanto en el porcentaje de germinación como en el desarrollo de las plántulas. Los mejores resultados en germinación se obtuvieron con peat moss, mientras que el vertisol favoreció el crecimiento posterior, lo que indica que distintos sustratos pueden ser más adecuados según la etapa de desarrollo de la planta.

A pesar de lo anterior, la información sobre la caracterización de semillas y la germinación de especies nativas con potencial para su uso en jardines de polinizadores aún es limitada. Esta falta de información justifica la realización del presente estudio en el jardín de polinizadores Experimentalis, con el objetivo de evaluar la germinación de especies nativas bajo diferentes sustratos y generar información útil para su manejo y establecimiento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en un invernadero del Jardín Botánico “Ing. Gustavo Aguirre Benavides” ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila. El jardín se localiza en las coordenadas 25°22′41″N y 101°00′00″ O, a una altitud de 1,743 m. La región presenta clima seco, con precipitación media anual de 298.5 mm y temperatura media anual de 19.8 °C, con temperaturas extremas que pueden oscilar entre -10.2 °C y 35 °C. El jardín cuenta con una superficie aproximada de cuatro hectáreas, distribuidas en 22 secciones que representan distintos tipos de vegetación de Coahuila, además de áreas destinadas a cultivo de hortalizas en campo abierto y vivero de producción de plántulas.

3.2. Especies de estudio

Se seleccionaron diez especies de plantas nativas con potencial para su uso en jardines de polinizadores, principalmente asociadas a ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México. Las especies evaluadas fueron: *Barkleyanthus salicifolius*, familia Asteraceae; *Asclepias linaria*, familia Apocynaceae; *Bouvardia ternifolia*, familia Rubiaceae; *Salvia greggii*, familia Lamiaceae; *Rudbeckia hirta*, familia Asteraceae; *Hibiscus martianus*, familia Malvaceae; *Maurandya barclayana*, familia Plantaginaceae; *Gaillardia aristata*, familia Asteraceae; *Lobelia cardinalis*, familia Campanulaceae y *Ratibida columnifera* familia Asteraceae. La descripción morfológica y distribución de cada especie se presentan en el Anexo 1.

3.3. Caracterización de las semillas

Las semillas se caracterizaron mediante variables morfológicas y físicas. Las variables morfológicas fueron forma, las características de la testa, así como la longitud y el ancho (mm). Como variable física se determinó el peso individual (mg). Las mediciones de peso se realizaron con una balanza analítica, mientras que las observaciones morfológicas y mediciones de largo y ancho se realizaron con apoyo de un estereoscopio.

3.4. Diseño experimental y germinación

Para cada especie se utilizaron seis repeticiones por tratamiento y 180 semillas en total, 10 para cada repetición, con excepción de *Asclepias linaria* y la *Salvia greggi*, para las cuales se utilizaron tres repeticiones por tratamiento y 54 semillas por especie por la escasa cantidad de semillas disponibles, 6 para cada repetición.

Las semillas se distribuyeron en tres tratamientos:

- T1: suelo del jardín (control)
- T2: 80 % peat moss + 20 % perlita
- T3: 80 % fibra de coco + 20 % perlita

La siembra se realizó en charolas de plástico de 200 cavidades (10 mL por cavidad). Se utilizaron dos charolas por especie, excepto en las especies con menor número de semillas, donde se utilizó solamente una.

El diseño experimental fue en bloques al azar con seis repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió en filas de 10 cavidades distribuidas aleatoriamente dentro de cada charola. Para *Asclepias linaria* y la *Salvia greggi*, cada repetición consistió en seis cavidades. Se dejó una fila vacía entre tratamientos para evitar interferencias.

Las charolas fueron etiquetadas indicando especie y tratamiento (Figura 1). En total se utilizaron 6.4 L de Peat moss, 6.4 L de fibra de coco y 1.6 L de perlita.

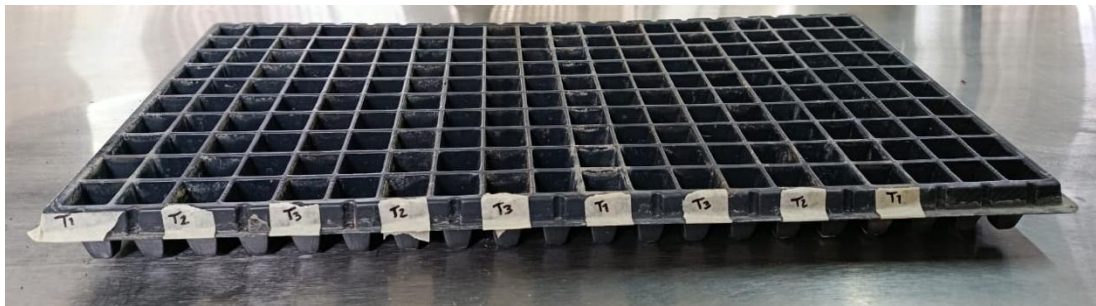


Figura 1. Charola de germinación (charolas de plástico de 200 cavidades y 10 mL por cavidad).

La siembra se realizó el 13 de marzo del 2026. Posteriormente, las charolas fueron regadas y cubiertas con bolsas negras de plástico para reducir la evaporación y aumentar la humedad durante la etapa inicial de germinación.

3.5. Monitoreo de germinación y variables de respuesta

El riego se realizó diariamente por la mañana y la germinación se registró cada día, considerando como semilla germinada aquella que presente la emergencia visible de la radícula.

Como variables de respuesta se evaluaron:

- Porcentaje de germinación
- Diámetro de plántula
- Altura del tallo
- Longitud de raíz
- Altura total
- Largo de hoja
- Ancho de hoja

Estas variables se utilizaron para evaluar el crecimiento inicial y vigor de las plántulas, como instrumento de medición se utilizó el vernier para cada variable a excepción del porcentaje de germinación.

La tasa de germinación se calculó como el porcentaje de semillas germinadas por especie y tratamiento.

3.6. Análisis estadístico

Con el fin de caracterizar morfológica y físicamente las semillas de las especies evaluadas, se analizaron las variables peso, largo y ancho a partir de mediciones individuales realizadas en cada especie. Inicialmente, se obtuvieron estadísticas descriptivas para cada variable, incluyendo media, desviación estándar, valores mínimos y máximos, con el propósito de describir la variación morfológica entre especies.

Debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las variables morfológicas entre especies. Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn con ajuste de Bonferroni.

Además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con las variables peso, largo y ancho para explorar patrones de variación morfológica entre especies.

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la germinación de las especies estudiadas, se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) con distribución quasibinomial debido a que los datos presentaron alta variabilidad y bajos porcentajes de germinación, lo que impidió el ajuste adecuado a una distribución normal o binomial, como variable respuesta el número de semillas germinadas en relación con el número total de semillas sembradas.

Como variables explicativas se incluyeron la especie y el tratamiento aplicado. Inicialmente, se evaluó un modelo que incluyó la interacción entre especie y tratamiento con el objetivo de determinar si la respuesta germinativa variaba dependiendo de la combinación de ambos factores. Sin embargo, al no encontrarse una interacción significativa, se utilizó un modelo final considerando únicamente los efectos principales de especie y tratamiento.

Las especies que no presentaron germinación en ninguno de los tratamientos evaluados (*Bouvardia ternifolia*, *Hibiscus martianus*, *Barkleyanthus salicifolius* y *Lobelia cardinalis*) fueron excluidas del análisis estadístico.

Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples mediante medias marginales estimadas (EMMeans) para evaluar diferencias entre tratamientos dentro de cada especie y entre tratamientos dentro de cada especie y entre especies dentro de cada tratamiento. Los valores de significancia fueron ajustados para controlar el error asociado a comparaciones múltiples.

El vigor de las plántulas se evaluó únicamente en las especies y tratamientos donde se obtuvo un número suficiente de semillas germinadas para realizar comparaciones. Debido a que el tratamiento T1 presentó una germinación muy baja y solo se obtuvo una plántula viable, este tratamiento no se consideró para el análisis de vigor. De igual forma, las especies que presentaron muy pocos individuos germinados no fueron incluidas en las comparaciones estadísticas. Por lo anterior, el análisis se realizó únicamente con *Ratibida columnifera*, *Gaillardia aristata* y *Maurandya barclayana*, comparando los tratamientos T2 y T3.

Además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para explorar patrones generales en las variables asociadas al vigor de las plántulas.

Todos los análisis se realizaron en el programa de R versión 4.5.1.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de semillas

Se observaron diferencias morfológicas y físicas entre las diez especies evaluadas. *Hibiscus martianus* presentó el mayor peso promedio de semilla ($\bar{x} = 0.006 \text{ mg} \pm 0.001$), mientras que *Lobelia cardinalis* registró el menor ($\bar{x} = 0.00006 \text{ mg} \pm 0.00007$; Cuadro 1).

En cuanto a las dimensiones, la especie con mayor tamaño fue *Asclepias linaria*, presentó el mayor largo promedio ($4.726 \pm 0.305 \text{ mm}$) y un ancho de $2.17 \pm 0.221 \text{ mm}$. Por el contrario, *Lobelia cardinalis* presentó el menor tamaño (largo: $0.819 \text{ mm} \pm 0.102 \text{ mm}$; ancho: $0.470 \pm 0.055 \text{ mm}$).

El análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre especies para las tres variables analizadas: peso ($X^2 = 561.2$, $gl = 9$, $p < 0.001$), largo ($X^2 = 571.06$, $gl = 9$, $p < 0.001$) y ancho ($X^2 = 544.92$, $gl = 9$, $p < 0.001$; Figura 2).

Las comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn confirmaron diferencias significativas entre varios pares de especies, indicando una alta variación en el tamaño y peso de las semillas evaluadas (Figura 2). En general, especies como *Hibiscus martianus* y *Asclepias linaria* presentaron semillas más grandes y pesadas, mientras que especies como *Lobelia cardinalis*, *Bouvardia ternifolia* y *Maurandya barclayana* presentaron semillas de menor tamaño.

El análisis de componentes principales permitió resumir la variación morfológica observada entre las semillas. Los dos primeros componentes principales explicaron el 90.4 % de la variación total, donde el primer componente explicó el 71.3 % de la variación y estuvo principalmente asociado con peso y ancho, mientras que el segundo componente explicó el 19.1 % y se relacionó principalmente con el largo.

El PCA mostró agrupamientos diferenciados entre especies de acuerdo con sus características morfológicas. Por ejemplo, *Hibiscus martianus* se agrupó en la zona asociada con semillas más pesadas y anchas, mientras que *Lobelia cardinales* se ubicó en el extremo opuesto, asociado con semillas pequeñas y ligeras. Algunas especies como *Gaillardia aristata*, *Bouvardia ternifolia* y

Maurandya barclayana presentaron agrupamientos más cercanos, reflejando similitudes morfológicas (Figura 3).

Respecto a las características cualitativas, la forma ovoide fue la más frecuente, presente en el 30 % de las especies evaluadas. El 90 % presentó testa dura y el 70 % mostró textura rugosa. En cuanto al hábito de crecimiento, la mayoría correspondió a especies arbustivas, con excepción de *Ratibida columnifera* y *Gaillardia aristata*, que fueron herbáceas.

Los valores detallados de peso, dimensiones, hábito, características de la testa, forma y textura de las semillas se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización de semillas de especies nativas del noreste de México. Se presentan valores promedio $\pm$ desviación estándar.

Nombre científico	Peso (mg)	Largo (mm)	Ancho (mm)	H	T	F	Tex
	$\bar{x} \pm ds$	$\bar{x} \pm ds$	$\bar{x} \pm ds$				
<i>Asclepias linaria</i>	0.002 ± 0.001	4.726 ± 0.305	2.17 ± 0.221	A	D	O	R
<i>Salvia greggii</i>	0.001 ± 0.0004	2.301 ± 0.138	1.837 ± 0.167	A	D	Ep	R
<i>Hibiscus martianus</i>	0.006 ± 0.001	2.856 ± 0.171	2.408 ± 0.131	A	D	Ac	P
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	0.001 ± 0.0009	4.237 ± 1.321	1.002 ± 0.468	A	B	Al	R
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.0005 ± 0.0004	1.768 ± 1.095	1.372 ± 0.249	A	D	Ef	R
<i>Gaillardia aristata</i>	0.0005 ± 0.0001	1.806 ± 0.288	1.228 ± 0.179	H	D	O	R
<i>Maurandya barclayana</i>	0.0002 ± 0.0001	1.141 ± 0.162	1.053 ± 0.118	A	D	R	A
<i>Rudbeckia hirta</i>	0.0001 ± 0.00003	1.943 ± 0.134	0.455 ± 0.069	A	D	Al	R
<i>Lobelia cardinalis</i>	0.00006 ± 0.00007	0.819 ± 0.102	0.470 ± 0.055	A	D	O	R
<i>Ratibida columnifera</i>	0.0001 ± 0.00006	2.738 ± 0.183	1.538 ± 0.285	H	D	Ep	A

Donde: H= Hábito, A= arbustiva, H= herbácea; T=testa, D= dura, B= blanda; F= forma O= ovoide, Ep= elíptica, Ac= acorazonada, A= alargada, Ef= esférica, R= runcinada; Tex= textura, R= rugosa, A= áspera, P= pubescente.

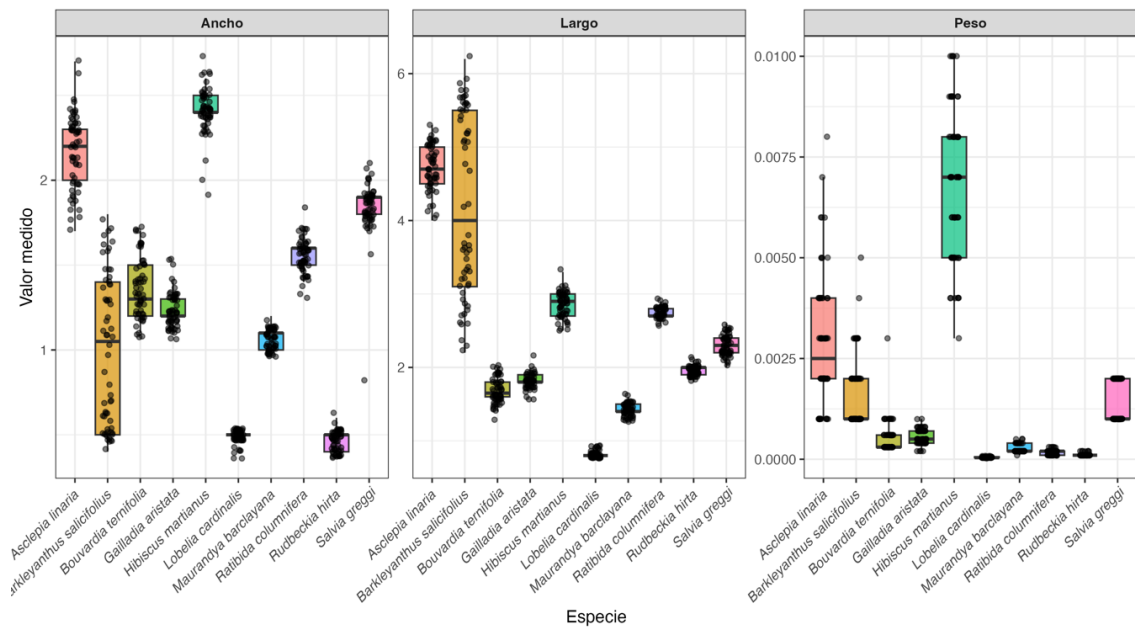


Figura 2. Comparación morfológica de semillas de especies nativas del noreste de México mediante variables de ancho, largo y peso.

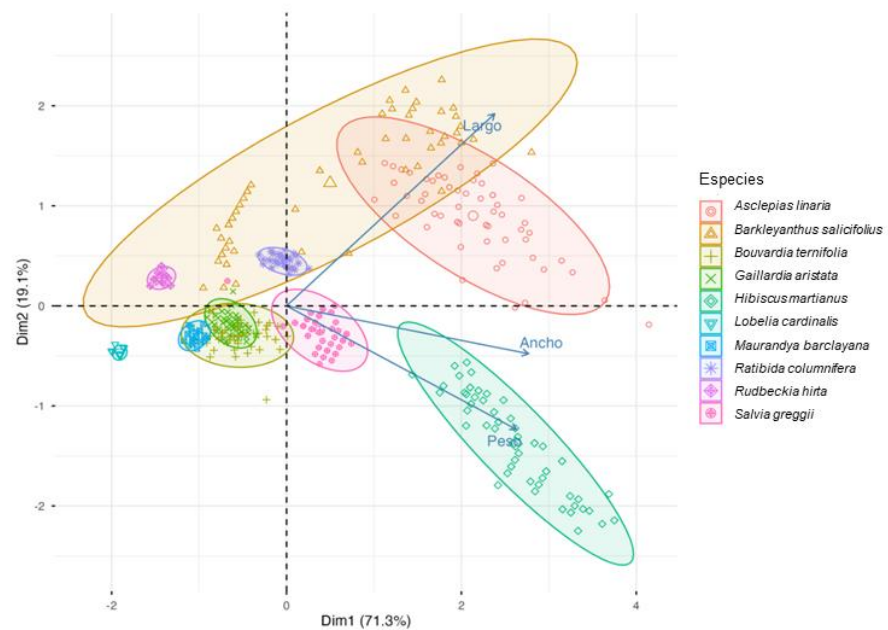


Figura 3. Bi-plot que muestra los componentes principales de 10 especies de semillas del noreste de México, basado en tres variables (largo ancho y peso). Cada color y forma representa una especie diferente.

4.2. Germinación de especies

De las diez especies evaluadas, únicamente seis presentaron germinación durante el experimento: *Asclepias linaria*, *Gaillardia aristata*, *Maurandya barclayana*, *Ratibida columnifera*, *Rudbeckia hirta* y *Salvia greggii*. En contraste, *Bouvardia ternifolia*, *Hibiscus martianus*, *Barkleyanthus salicifolius* y *Lobelia cardinalis* no presentaron germinación en ninguno de los tratamientos evaluados.

La especie con mayor porcentaje de germinación fue *Ratibida columnifera* (8.33 %), seguida de *Asclepias linaria* (7.40 %) y *Gaillardia aristata* (7.22 %). Los porcentajes más bajos se registraron en *Salvia greggii* (3.70 %), *Maurandya barclayana* (2.77 %) y *Rudbeckia hirta* (1.11 %; Cuadro 2; Anexo 3).

Nombre de la especie	T1	T2	T3	PG
<i>Ratibida columnifera</i>	0	7	8	8.33
<i>Asclepias linaria</i>	0	3	1	7.4
<i>Gaillardia aristata</i>	1	3	9	7.22
<i>Salvia greggii</i>	0	1	1	3.7
<i>Maurandya barclayana</i>	0	2	3	2.77
<i>Rudbeckia hirta</i>	0	0	2	1.11
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0	0	0	0
<i>Hibiscus martianus</i>	0	0	0	0
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	0	0	0	0
<i>Lobelia cardinalis</i>	0	0	0	0

Cuadro 2. Porcentaje de germinación (PG) de las 10 especies evaluadas.

Donde: T1= Tratamiento 1 compuesto por suelo del jardín (control); T2= Tratamiento 2 compuesto por 80 % peat moss + 20 % perlita; T3= Tratamiento compuesto por 3: 80 % fibra de coco + 20 % perlita.

El análisis inicial mostró que la interacción entre especie y el tratamiento no fue significativa ($F = 1.21$, $p = 0.299$), lo que indica que el efecto de los tratamientos fue similar entre las especies que lograron germinar. Por esta razón, se utilizó un modelo final sin interacción.

El modelo final mostró diferencias significativas tanto entre especies ($F = 3.77$, $p = 0.0039$) como entre tratamientos ($F = 16.15$, $p < 0.001$), indicando que ambos factores influyeron en la germinación de las semillas.

En términos generales, el tratamiento T1 presentó el menos porcentaje de germinación observada (0.36 %), mientras que T2 y T3 mostraron valores mayores (5.8 % y 8.7 % respectivamente). Las comparaciones post hoc indicaron diferencias significativas entre T1 y T2 ($p = 0.009$) y entre T1 y T3 ($p = 0.0017$), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre T2 y T3 ($p = 0.345$). Estos resultados indican que los tratamientos T2 y T3 favorecieron la germinación en comparación con T1 (Figura 4).

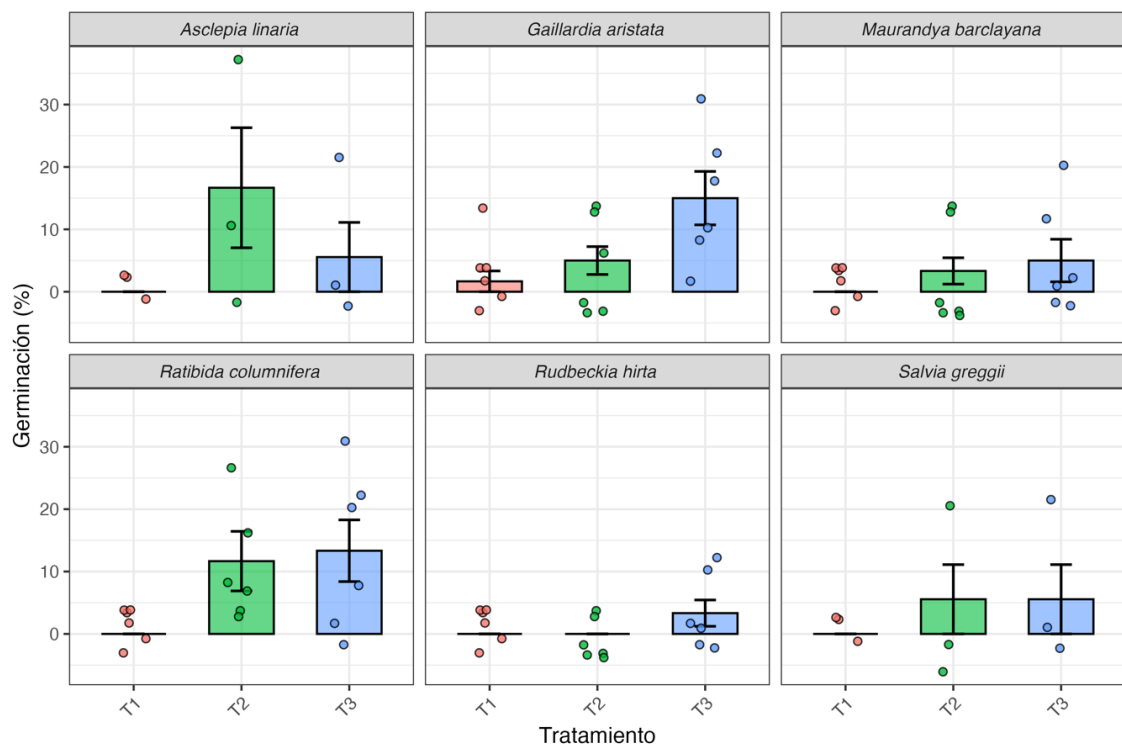


Figura 4. Porcentaje de germinación de seis especies de plantas nativas evaluadas bajo tres tratamientos de sustrato: T1 = suelo del jardín (control), T2 = 80 % peat moss + 20 % perlita y T3 = 80 % fibra de coco + 20 % perlita. Cada punto representa una repetición experimental, mientras que las cajas muestran la variación de los valores observados para cada tratamiento en cada especie. La línea dentro de cada caja representa el valor central de los datos.

4.3. Vigor de plántulas

El análisis del vigor de las plántulas se realizó únicamente con las especies que presentaron suficientes individuos germinados en los tratamientos T2 y T3, ya que el tratamiento T1 la germinación fue muy baja y no permitió realizar comparaciones. Las especies evaluadas fueron *Gaillardia aristata*, *Maurandya barclayana* y *Ratibida columnifera*.

En *Gaillardia aristata* se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en altura del tallo ($p = 0.015$), largo de la hoja ($p = 0.009$) y ancho de la hoja ($p = 0.018$), siendo mayores en el tratamiento T3. No se encontraron diferencias en diámetro, altura de la raíz ni altura total.

En *Maurandya barclayana* no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). En *Ratibida columnifera* se encontraron diferencias significativas en altura de la raíz ($p = 0.012$) y altura total ($p = 0.002$), siendo mayores en el tratamiento T2 (Anexo 4).

Cuadro 3. Índice de vigor (IV) de plántulas de especies nativas evaluadas bajo diferentes tratamientos de sustrato.

Especie	Tratamiento	No. de plántulas	Germinación (%)	Altura total promedio $\bar{x} \pm ds$	Índice de Vigor
<i>Gaillardia aristata</i>	T1	1	0.5	$38.3 \pm *$	19.15
<i>Gaillardia aristata</i>	T2	3	1.66	35.566 ± 3.100	59.040
<i>Gaillardia aristata</i>	T3	9	5	37.066 ± 6.969	185.330
<i>Ratibida columnifera</i>	T2	7	3.88	30.742 ± 4.544	119.279
<i>Ratibida columnifera</i>	T3	8	4.44	22.475 ± 5.017	99.789
<i>Asclepias linaria</i>	T2	3	5.5	53.9 ± 5.650	296.45
<i>Asclepias linaria</i>	T3	1	1.85	$54.5 \pm *$	100.825
<i>Salvia greggi</i>	T2	1	1.85	$82.7 \pm *$	152.995
<i>Salvia greggi</i>	T3	1	1.85	$40.1 \pm *$	74.185
<i>Maurandya barclayana</i>	T2	2	1.11	13.45 ± 2.050	14.9295
<i>Maurandya barclayana</i>	T3	3	1.66	20.066 ± 1.985	33.310
<i>Rudbeckia hirta</i>	T3	2	1.11	47.1 ± 4.525	52.281

Donde: $IV = \text{porcentaje de germinación} \times \text{altura total promedio de la plántula}$. Se presenta el número de plántulas germinadas, porcentaje de germinación, altura total promedio (media $\pm$ desviación estándar) e índice de vigor para cada especie y tratamiento evaluado. Los valores marcados con (*) corresponden a tratamientos en los que únicamente germinó un individuo. *Estas especies son de valor único debido a que solo germinó un individuo por tratamiento

El análisis de componentes principales mostró que los dos primeros componentes explicaron el 71.7 % de la variación total, donde el primer componente explicó el 45.3 % y el segundo del 26.4 %.

El PCA mostró una separación parcial entre tratamientos. Las plántulas del tratamiento T2 se asociaron con mayor desarrollo radical y mayor altura total, mientras que las del tratamiento T3 se relacionaron con mayor crecimiento del tallo y desarrollo foliar (Figura 5).

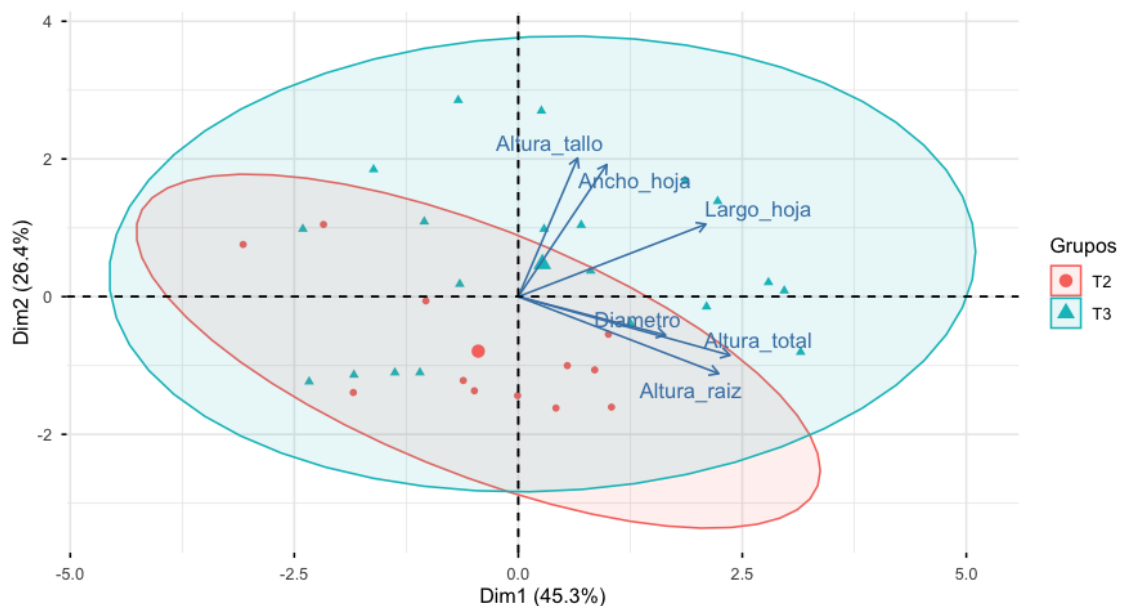


Figura 5. Bi-plot de características principales de vigor en plántulas en dos tratamientos, donde se presentan diferentes variables (Altura del tallo, ancho de la hoja, largo de la hoja, diámetro, altura total y altura de la raíz). Cada color y forma representa un tratamiento diferente.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que las especies evaluadas presentaron una alta variación en las características morfológicas y físicas de sus semillas, particularmente en peso, largo y ancho. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas entre especies, lo que indica que cada especie presenta características propias relacionadas con su biología reproductiva. Estudios previos han señalado que variables como el tamaño y peso de las semillas pueden influir en procesos como dispersión, germinación y establecimiento de plántulas (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2011; Pablo-Pérez *et al.*, 2013).

En este estudio, *Hibiscus martianus* y *Asclepias linaria* presentaron semillas más grandes y pesadas, mientras que especies como *Lobelia cardinalis*, *Bouvardia ternifolia* y *Maurandya barclayana* presentaron semillas de menor tamaño. Estas diferencias podrían estar asociadas con diferentes estrategias adaptativas de establecimiento. En general, las semillas de mayor tamaño suelen contener más reservas nutricionales, lo que puede favorecer el desarrollo inicial de las plántulas mientras que semillas más pequeñas suelen producirse en mayor cantidad y facilitar procesos de dispersión (Sánchez *et al.*, 2023). Estos resultados coinciden con estudios realizados en especies nativas de regiones semiáridas de México, en los cuales se ha reportado una elevada variación interespecífica en las características morfológicas de las semillas (Antonio-Bautista *et al.*, 2026).

El análisis de componentes principales mostró una diferenciación morfológica entre especies, lo cual coincide con lo esperado considerando que pertenecen a diferentes familias botánicas y presentan distintas características estructurales. Aunque algunas especies mostraron agrupamientos cercanos, esto únicamente indica similitudes en las variables medidas y no necesariamente implica estrategias ecológicas similares. Sin embargo, Sánchez-Salas *et al.* (2017) destacan que la morfología de las semillas puede estar vinculada con mecanismos particulares de dispersión y adaptación para la supervivencia en ambientes áridos.

Respecto a las características cualitativas, predominó la presencia de semillas con testa dura. Este tipo de característica puede representar una ventaja en ambientes áridos y semiáridos, ya que puede actuar como protección frente a condiciones ambientales desfavorables y, en algunos casos, relacionarse con procesos de dormancia física (Pablo-Pérez *et al.*, 2013). Esto podría ayudar a explicar por qué algunas especies no presentaron germinación bajo las condiciones evaluadas; y necesitan algún método de escarificación previo a la siembra.

La germinación observada en el estudio fue baja en términos generales, ya que únicamente seis de las diez especies lograron germinar. Esto sugiere que algunas especies podrían requerir condiciones específicas o tratamientos pregerminativos adicionales que no fueron considerados en este trabajo. Diversos estudios han reportado que especies nativas pueden presentar mecanismos de dormancia física o fisiológica que limitan su germinación en condiciones convencionales (Orantes-García *et al.*, 2013).

En cuanto a los tratamientos evaluados, los resultados mostraron que los sustratos compuestos por peat moss + perlita y fibra de coco + perlita favorecieron significativamente la germinación en comparación con el suelo del jardín. Esto probablemente se relaciona con mejores condiciones físicas del sustrato, como mayor retención de humedad, mejor aireación y menor compactación, factores que favorecen la imbibición de la semilla y el inicio del proceso germinativo (Andrade-Rodríguez *et al.*, 2008; Ayala-Sierra y Valdez-Aguilar, 2008). Asimismo, Rojas Mamani *et al.* (2022) observaron que tanto la turba como la fibra de coco generan mayores porcentajes de germinación en comparación con sustratos más compactos, sin encontrar diferencias significativas entre ambos materiales.

No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T3, lo que sugiere que ambos materiales ofrecen condiciones similares para la germinación inicial de las especies evaluadas. Este resultado coincide con otros estudios que han reportado respuestas comparables entre sustratos orgánicos con buena capacidad de retención de agua y aireación (García-Muñoz *et al.*, 2023).

En relación con el vigor de las plántulas, se observaron respuestas diferentes entre especies. En *Gaillardia aristata*, el tratamiento T3 favoreció variables relacionadas con crecimiento foliar y altura del tallo, mientras que en *Ratibida columnifera* el tratamiento T2 favoreció el desarrollo radical y la altura total. Esto indica que la respuesta al sustrato puede variar entre especies, incluso cuando se utilizan materiales con características similares. Esto coincide con lo reportado por Buendía Navarrete (2025), quien analizó el comportamiento de esta especie en maceta y suelo, encontrando que la granulometría del sustrato y la aireación influyen directamente en el crecimiento aéreo y en la resistencia de los tallos. El estudio señala que individuos que superan los 50 cm pueden presentar debilidad basal si el sustrato no es adecuado, lo que refuerza la importancia de las condiciones de germinación para el vigor inicial.

El análisis multivariado mostró una separación parcial entre tratamientos en función de las variables de crecimiento evaluadas. En general, T2 se relacionó con mayor desarrollo radical, mientras que T3 mostró asociación con variables de crecimiento aéreo. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela debido al número reducido de individuos germinados en algunas especies.

En conjunto, los resultados sugieren que la selección del sustrato influye tanto en la germinación como en el desarrollo inicial de algunas especies nativas, lo que representa información útil para programas de propagación y establecimiento de jardines de polinizadores.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que las especies nativas evaluadas presentan una alta variabilidad morfológica en sus semillas, reflejada en diferencias significativas de peso, largo y ancho. Estas diferencias evidencian la diversidad de atributos reproductivos entre las especies estudiadas y resaltan la importancia de conocer sus características para fines de propagación.

La germinación fue baja en términos generales, ya que únicamente seis de las diez especies evaluadas lograron germinar bajo las condiciones experimentales utilizadas. Esto sugiere que algunas especies podrían requerir tratamientos pregerminativos o condiciones específicas para favorecer su establecimiento.

Los tratamientos compuestos por peat moss + perlita y fibra de coco + perlita favorecieron significativamente la germinación en comparación con el suelo del jardín, lo que indica que las propiedades físicas del sustrato, como retención de humedad y aireación, influyen en el proceso germinativo.

En cuanto al vigor de las plántulas, se observaron respuestas diferentes entre especies. En algunas especies, determinados tratamientos favorecieron el desarrollo radical, mientras que en otras promovieron un mayor crecimiento aéreo, lo que indica que la respuesta al sustrato puede variar según la especie.

En conjunto, los resultados obtenidos proporcionan información útil para la propagación de especies nativas con potencial para jardines de polinizadores y pueden contribuir al manejo y establecimiento de este tipo de espacios como estrategia de conservación.

7. LITERATURA CITADA

- Andrade-Rodríguez, M., Ayala-Hernández, J. J., Alia-Tejacal, I., Rodríguez-Mendoza, H., Acosta-Durán, C. M., y López-Martínez, V. (2008). Efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 25(4), 617–635.
- Antonio-Bautista, A., Castillo Quiroz, D., Castillo Reyes, F. (2026). Caracterización morfológica de frutos y semillas de *Leucaena greggii* S. Watson en Coahuila, México. *Agrociencia Uruguay*, 30, 1-14. <https://doi.org/10.31285/AGRO.30.1728>
- Ayala-Sierra, A., y Valdez-Aguilar, L. A. (2008). El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para transplante. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(2), 161–167.
- Buendía Navarrete, S. (2025). *Análisis del comportamiento dentro de maceta y suelo de Gaillardia aristata para jardines polinizadores*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/52090>
- Carbone, L. M., Tavella, J., Marquez, V., Ashworth, L., Pausas, J. G., & Aguilar, R. (2025). *Fire effects on pollination and plant reproduction: A quantitative review*. *Annals of Botany*, 135(1–2), 43–56. <https://doi.org/10.1093/aob/mcae033>
- 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. *Madera y Bosques*, 25(2), 1-10. <https://doi.org/10.21829/myb/2019.2521520>
- Dascanio, L. M. (2022). Caracterización morfológica de cuatro especies nativas del género *Sphaeralcea* con potencial ornamental y lineamientos para su aplicación paisajista. *Repositorio Institucional Digital de la Universidad del Sur (RID-UNS)*, 1-56. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5950>
- Dias, M. A., Dias, D. C. F. D. S., Junior, F. G. G., & Cícero, S. M. (2014). Morphological changes and quality of papaya seeds as correlated to their location within the fruit and ripening stages. *Idesia (Araica)*, 32(1), 27–34. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000100004>

- Duque-Trujillo, D., Hincapié, C. A., Osorio, M., & Zartha-Sossa, J. W. (2023). Strategies for the attraction and conservation of natural pollinators in agroecosystems: A systematic review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 4499-4512.
- Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Turrent-Fernández, A., Sierra-Macías, M., Gómez-Montiel, N., y Zamudio-González, B. (2013). Rendimiento de variedades precoces de maíz grano amarillo para Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 93-99.
- Flores, S. D. H., Paredes-García, D., y Licona, G. V. (2025). La importancia de construir jardines para polinizadores en las zonas urbanas. *Uno Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No.1*, 7(14), 8-13. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/issue/archive>
- 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. *Idesia (Arica)*, 34(3), 53-68. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008>
- García-Hoyos, A., Sánchez-Robles, J., García-Hernández, L. A., y León-González, F. D. (2011). Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Polibotánica*, (32), 119-133.
- García-Muñoz, S. A., Piña-Ramírez, F. J., Balderrama, M. A. P., Rodríguez, A. O., y Chávez, A. N. L. (2023). Efectos de diferentes sustratos en la germinación y desarrollo del cempasúchil (*Tagetes erecta*). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 11(1), 45-53.
- Hall, D. M., Camilo, G. R., Tonietto, R. K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., & Threlfall, C. G. (2017). The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, 31(1), 24–29.
- IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- Kremen, C., Williams, N. M., y Thorp, R. W. (2007). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 16812–16816. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703996104>

- Martínez-Peralta, C., & Platas, D. (2018). Diversidad e importancia de las abejas silvestres: mucho más que miel y abejorros. *Agro Productividad*, 11(12). <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i12.1315>
- Matteson, K. C., & Langellotto, G. A. (2010). Determinants of inner-city butterfly and bee species richness. *Urban Ecosystems*, 13(3), 333–347. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0122-y>
- Morales-Maldonado, E. R., y Casanova-Lugo, F. (2015). Mezclas de Sustratos Orgánicos e Inorgánicos, Tamaño de Partícula y Proporción1. *Revista de Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365-372. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19331>
- Nicasio-Arzeta, S., Sánchez-Coronado, M. E., Orozco-Segovia, A., y Gamboa-de Buen, A. (2011). Efecto del preacondicionamiento y el sustrato salino en la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays*) raza chalqueño. *Agrociencia*, 45(2), 213–225.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326. [doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x)
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M. Á., Rioja-Paradela, T. M., y Garrido-Ramírez, E. R. (2013). Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*, (36), 117–127.
- Pablo-Pérez, M., Lagunes-Espinoza, L. D. C., López-Upton, J., Ramos-Juárez, J., y Aranda-Ibáñez, E. M. (2013). Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus* silvestres. *Bioagro*, 25(2), 101–108.

- Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP). Proyecto IKI-IBA, agencia Alemana de Cooperación para el Desarrollo (GIZ) del proyecto Integración de la Biodiversidad en la Agricultura Mexicana (IKI-IBA), Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2021, 19 de marzo). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/estrategia-nacional-para-la-conservacion-y-uso-sustentable-de-los-polinizadores-encusp>
- Ramírez-Sánchez, S. E., López-Upton, J., García de los Santos, G., Vargas-Hernández, J. J., Hernández-Livera, A., y Ayala-Garay, Ó. J. (2011). Variación morfológica de semillas de *Taxus globosa* Schltdl. provenientes de dos regiones geográficas de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 34(2), 93–99.
- Rodríguez Narváez, D. (2013). *Evaluación de sustratos orgánicos alternativos en la producción de pepino (Cucumis sativus L.) en invernadero* (tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí). Repositorio Nacional CONACYT. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3400>
- Rodríguez Quilón, I., Adam, G., y Durán, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura: Revista Agropecuaria*, 78(912), 836–842.
- Rojas Mamani, M. A., Nina-Limachi, M. L., Vilca-Vilca, Y. K. (2022). Evaluación de tres tipos de sustrato (turba, fibra de coco y compost) en la germinación de quina (*Cinchona officinalis* L.). *Revista de Investigaciones*, 11(1), 25–34. <https://doi.org/10.26788/riepg.v11i1.3551>
- Ruiz-Zapata, T., y Escala, M. (2002). Estudio morfológico de la semilla de 51 especies del género *Passiflora* L. *Acta Botánica Venezuelica*, 25(1), 1–26.
- Sáez, J. N. P. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra latinoamericana*, 17(3), 231-235.
- Sánchez, J., Estrada-Castillón, E., García Aranda, M. A., Duarte Hernández, M. F., García González, F., Valenzuela Núñez, L. M., y Muro Pérez, G. (2023). Los ambientes áridos y semiáridos: su relación con la dispersión y germinación de especies. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(75), 35-67. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i75.1288>

- Sánchez-Salas, J., Flores, J., Jurado, E., Sáenz-Mata, J., Orozco-Figueroa, P., y Muro-Pérez, G. (2017). Hidrocoria en semillas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore, especie en peligro de extinción: morfología y anatomía como facilitadores de la hidro-dispersión y germinación. *Gayana Botánica*, 74(2), 251–261.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020, 01 de octubre). Polinizadores. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/polinizadores>
- Sosenski, P., y Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 961-970. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>
- Staab, M., Pereira-Peixoto, M. H., & Klein, A. M. (2020). Exotic garden plants partly substitute for native plants as resources for pollinators when native plants become seasonally scarce. *Oecologia*, 194(3), 465–480. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04785-8>
- Torres, C., y Galetto, L. (2008). Importancia de los polinizadores en la reproducción de Asteraceae de Argentina Central. *Acta Botánica Venezuelica*, 31(2), 473-494.
- Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V. V., & Tschardtke, T. (2020). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108321. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321>
- Zamora-Cornelio, L. F., Ochoa-Gaona, S., Vargas-Simón, G., Castellanos-Albores, J., y de Jong, B. H. J. (2010). Germinación de semillas y morfología de plántulas de especies nativas. *Revista de Biología Tropical*, 58(2), 717-732.

8. ANEXOS

Anexo 1. Descripción morfológica, distribución y características de cada especie.

Barkleyanthus salicifolius

Familia: Asteraceae

Nombre común: Azomiate, Amarillo, Chamizo, Chamizo blanco, chilca, higuera, jara amarilla, jarilla.

Distribución: Se ha registrado en Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora, Tabasco y Veracruz.

Características: Es un arbusto leñoso. perenne ramificado casi desde la base, de 1 a 2 m de altura. Hojas angostas, lanceoladas, alternas, débilmente pecioladas, la corola es amarilla. El fruto mide menos de 2 mm y es una cipsela claviforme seca con un vilano de cerdas blancas, que ayuda a su dispersión aérea. Florece en la temporada seca (enero a abril), distinguiéndose por sus llamativas flores amarillas.

Asclepias linaria

Familia: Apocynaceae

Nombre común: Algodoncillo, hierba del cuervo, pinillo, romerillo

Distribución: Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz.

Características: Planta arbustiva que crece de 1 a 2 m de altura con hojas alternas, sésiles, lineares de 1.5 a 5.5 cm de largo aproximadamente y 1 mm de ancho color verde. La inflorescencia es una umbela con las flores, de color rosa con capuchas redondeados en el centro y verdosas corolas, de 10 a 29 flores por inflorescencia, los frutos son secos, gruesos y atenuados de 2.5 a 5.5 cm de largo y 2 cm de ancho, semillas obovadas, con los márgenes vueltos hacia abajo, de 4.6 a 6 mm de largo y de 1.7 a 2.7 mm de ancho.

Bouvardia ternifolia

Familia: Rubiaceae

Nombre común: Contrahierba, contrahierba colorada, hierba del indio, hierba del pasmo, mirto, trompetilla.

Distribución: Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz.

Características: Planta arbustiva de 0.3 a 1.5 m de altura, hojas por lo común verticiladas de 1 a 10 cm de largo y de 0.2 a 2.5 cm de ancho, inflorescencia en forma de cima terminal de 3 a 40 flores de color salmón, rojo o naranja, el fruto es una cápsula de 4.5 a 9 mm de largo y 5 a 0 mm de ancho, semillas de 2 a 3.5 mm de ancho.

Salvia greggii

Familia: Lamiaceae

Nombre común: Mirto rosa

Distribución: Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y Texas en Estados Unidos.

Características: Es una planta herbácea de 30 a 120 cm de alto, las hojas son verde de color intermedio y glabras que tiende a ser menor de 2.5 cm de largo. El tamaño de la flor y el color son variables, las flores alcanzan de 0.5 a 2.5 cm de largo y tienen muchos tonos de color escarlata y rojo que es el más común junto con el rosa, blanco, lavanda, violeta. El fruto es ovoide, seco y marrón, se reproduce por semillas y esquejes, se usa como ornamental, medicinal, melífera y alimenticia.

Rudbeckia hirta

Familia: Asteraceae

Nombre común: Susan de ojos negros

Distribución: Nativa de una amplia área de distribución por Norteamérica, en México se encuentra en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí

Características: Llega a medir hasta en 1 m de altura, ramas ocasionales, generalmente cerca de la base, con cada tallo. Suele ser consistentemente peluda, con pelo rígido, follaje verde claro y prefiere condiciones soleadas y secas. Se encuentra en praderas, sabanas, aberturas rocosas en bosques y áreas sometidas a perturbaciones recientes. Requiere condiciones de luz intensa, con abundante luz solar que llegue al suelo y tolera una amplia gama de humedad y condiciones de suelo.

Hibiscus martianus

Familia: Malvaceae

Nombre común: Tulipán escarlata

Distribución: Habita desde el sur de Texas hacia el sur de México, incluyendo los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, el norte de San Luis Potosí y Puebla.

Características: Es un arbusto que crece entre los 50 cm a 1.5 m de alto, las flores son solitarias con 5 pétalos que miden de 1.5 a 2.8 cm de largo, los peciolos son cortos, viven en selvas húmedas y selvas secas. Es una planta tolerante a la sequía, se adapta a diferentes tipos de suelo siempre que estén bien drenados, en los bosques suele crecer debajo o en la sombra de otros arbustos.

Maurandya barclayana

Familia: Plantaginaceae

Nombre común: Vid de dragonaria púrpura

Distribución: Habita en el norte y centro de México, en los estados de Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Cd. De México, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz.

Características: Es una planta herbácea, sus tallos son delgados, ramificados, lisos y trepadores. Las hojas son alternas de forma triangular o de corazón. Las flores están sostenidas por pequeños tallos delgados. La corola es tubular, mide de 3 a 4.5 cm de largo y la parte superior de la corola termina en 5 segmentos e color morado oscuro. El fruto es una pequeña cápsula de color verdosa o café que tiene forma de globo, las semillas son cafés de 1 a 3 mm de largo.

Gaillardia aristata

Familia: Asteraceae

Nombre común: Flor de manta

Distribución: Nativa del oeste de Norteamérica, desde Dakota del Norte hasta Colorado.

Características: Es una planta herbácea que alcanza hasta los 90 cm de altura, produce flores tipo margaritas desde finales de primavera hasta otoño, floretas de rayo amarillas en forma de lanza rodean el disco central marrón-púrpura. Las hojas gris-verdosas en forma de lanza. Las flores resultan atractivas para las mariposas y otros insectos polinizadores y las cabezas de semillas son atractivas para las aves.

Lobelia cardinalis

Familia: Campanulaceae

Nombre común: Aretillo, cardenal, cardenal de laguna, cardenal de maceta, cubanita, lobelia, lobelia cardenal, mirto, reina del agua, sangre de cristo

Distribución: Desde el sureste de Canadá al sureste de Estados Unidos, México y Centroamérica hasta el norte de Colombia.

Características: Planta herbácea de 20 cm a 2m de alto, hojas alternas de hasta 20 cm de largo, la inflorescencia forma un racimo hacia la parte terminal del tallo, sus flores miden de 2.5 a 5 cm de largo, la corola es de color rojo, raramente rosado o blanco. Fruto seco, semillas pequeñas y numerosas de color café claro, raíz fibrosa.

Ratibida columnifera

Familia: Asteraceae

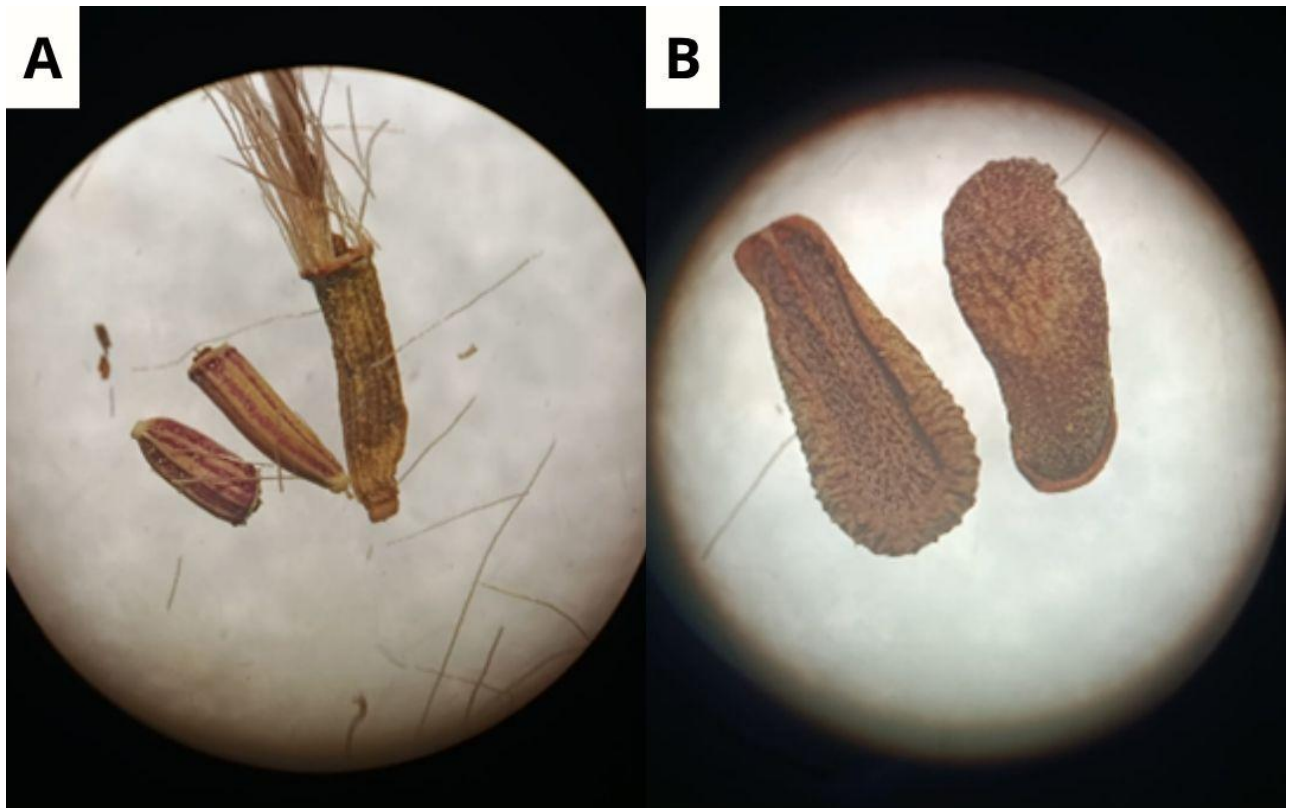
Nombre común: Sombrero mexicano, margarita de pradera, margarita de pradera de cabeza larga.

Distribución: Desde el sur de Canadá hasta el norte de México.

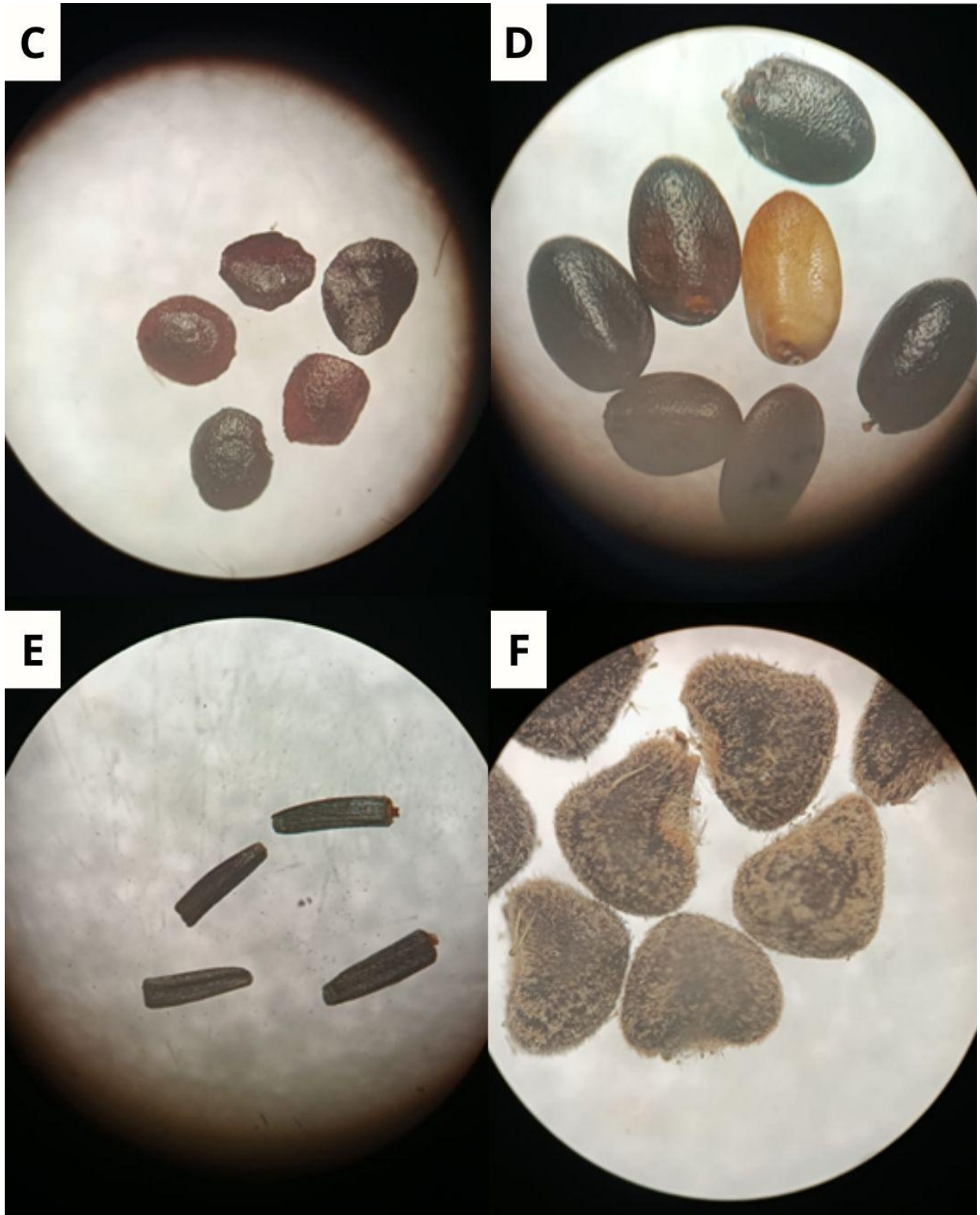
Características: Especie perenne de 30 a 91 cm de alto, hojas alternas que miden hasta 15 cm de largo y 5 cm de ancho, los pecíolos miden hasta 5 cm de largo. La inflorescencia consiste de 4 a 12 flores de color amarillo, marrón rojizo o marrón con bordes amarillos. Tallos verdes medios y peludos.

8.1. Anexo fotográfico

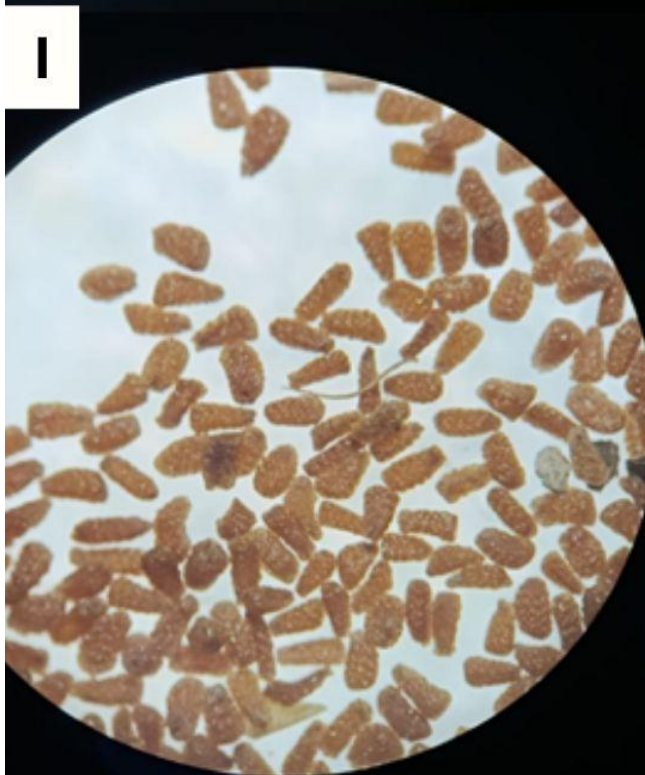
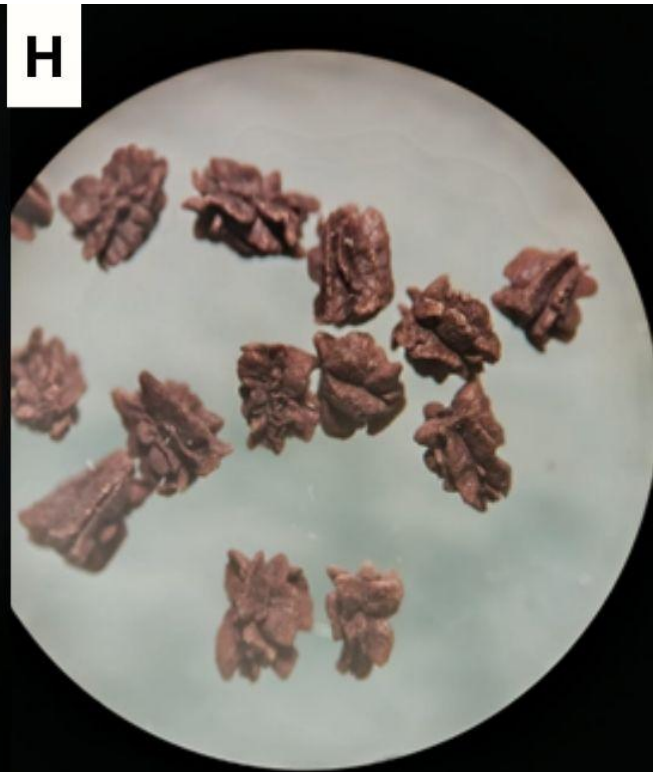
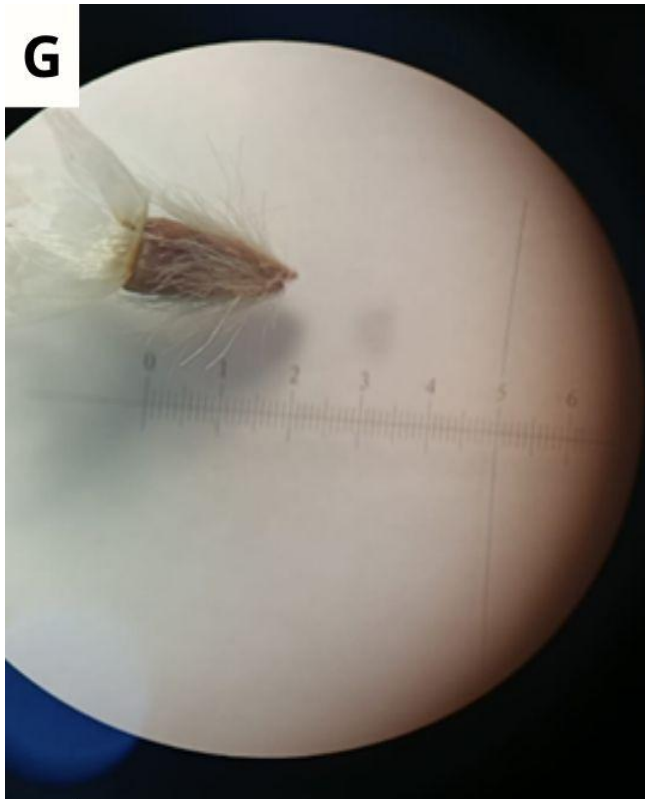
Anexo 2. Fotografía de las semillas de cada especie.



A. (*Barkleyanthus salicifolius*) Azomiate. B. (*Asclepia linaria*) Algodoncillo.



C. (*Bouvaria ternifolia*) Contrahierba. D. (*Salvia greggii*) Mirto rosa. E. (*Rudbeckia hirta*) Susan de ojos negros. F. (*Hibiscus martianus*) Tulipán escarlata.



G. (*Gaillardia aristata*) Flor de manta. H. (*Maurandya barclayana*) Vid de dragonaria púrpura. I. (*Lobelia cardinalis*) Aretillo. J. (*Ratibida columnifera*) Sombrero mexicano.

Anexo 3. Fotografía de la germinación.



A. (*Gaillardia aristata*) Flor de manta. B. (*Asclepia linaria*) Algodoncillo. C. (*Maurandya barclayana*) Vid de dragonaria púrpura. D. (*Rudbeckia hirta*) Susan de ojos negros. F. (*Salvia greggii*) Mirto rosa. G. (*Ratibida columnifera*) Sombrero mexicano.

Anexo 4. Fotografía de las plantas por tratamiento

