

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Germinación de 16 Especies de Arvenses para Determinar un Prototipo Factible
en el Uso de Bioensayos en Laboratorio

Por:

CRISTIAN EDUARDO GONZÁLEZ MIRANDA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Germinación de 16 Especies de Arvenses para Determinar un Prototipo Factible
en el Uso de Bioensayos en Laboratorio

Por:

CRISTIAN EDUARDO GONZÁLEZ MIRANDA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza
Asesor Principal Interno



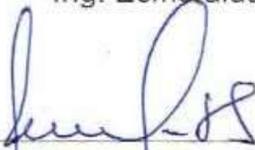
Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dr. Arturo Mancera Rico
Coasesor



Ing. Esmeralda Amada Hernández López
Coasesora



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



Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2023

Declaración de no plagio

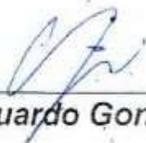
El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

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

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Asesor principal



Cristian Eduardo González Miranda



Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a los profesionales, doctores y maestros que me brindaron las herramientas necesarias para poder llevar a cabo mi experimento en las instalaciones del Departamento de Parasitología.

Agradezco a la Dra. Miriam quien fue mi asesora y me acompañó en el proceso para poder realizar el presente trabajo.

También agradezco a quien contribuyó de manera directa o indirecta, sin ellos no habría sido la culminación de esta manera o quizá simplemente no se habría dado.

Por último, deseo agradecer a la vida, la cual me permitió estar aquí y ahora para poder lograr este objetivo. No hay vuelta atrás, pero a pesar de eso no cambiaría las cosas para que fueran de otra manera, solo queda seguir con más ánimos y más trabajo para mejorar en el tiempo.

DEDICATORIA

Esto es dedicado a mí, como un recordatorio de que el tiempo es lo más importante y no debe dejarse pasar sin ser aprovechado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Las Plantas con Semilla	4
2.2. La Semilla	5
2.2.1. Partes y características de la semilla	6
2.2.1.1. Embrión.....	7
2.2.1.2. Cubierta seminal o perispermo	7
2.2.1.3. Alimento almacenado (endospermo)	8
2.2.2. Dispersión de semillas.....	8
2.2.3. Mecanismos de dispersión	9
2.3. Germinación	11
2.3.1. Proceso de germinación.....	13
2.3.1.1. Imbibición.....	14
2.3.1.2. Digestión y transporte de alimentos (activación enzimática)	14
2.3.1.3. Elongación celular.....	15
2.4. Las Hormonas Vegetales y su Relación con las Plantas	15
2.4.1. Fitohormonas en las semillas y en la germinación	16
2.5. Dormancia o Latencia.....	18
2.5.1. Tipos de latencia	19
2.6. Pruebas de Germinación.....	21

2.7. La Maleza	22
2.7.1. La importancia de la maleza en el mundo y en México	23
2.7.2. Los daños de la maleza y su control	26
2.8. Alelopatía	28
2.9. Los Extractos Vegetales.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Ubicación del Experimento	31
3.2. Selección de Semillas de Maleza.....	31
3.3. Pruebas de Germinación en Semillas de Maleza	32
3.3.1. Sanitización de semillas	32
3.3.2. Establecimiento de bioensayos para las pruebas de germinación	33
3.4. Variables Evaluadas en las Pruebas de Germinación con Semillas de Maleza	34
3.5. Elaboración de Extractos Vegetales	35
3.5.1. Extracto etanólico	35
3.6. Ventana Biológica para Definir Dosis de los Extractos Vegetales	36
3.7. Variables Consideradas en Ventana Biológica para Extractos Vegetales	37
3.8. Pruebas de Germinación con Extractos Vegetales en Semillas de Maleza	38
3.9. Transformación de Datos y Análisis Estadísticos	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Selección de Especies de Maleza para Pruebas de Germinación	40
4.2. Análisis de Varianza en Pruebas de Germinación para Semilla de Maleza	43
4.3. Comparación de las Medias para Porcentaje de Germinación en Semillas de Maleza	44
4.4. Comparación de Medias entre Especies de Maleza.....	46
4.5. Análisis Estadístico con Base en la Pruebas con Extractos Vegetales	47
V. CONCLUSIONES	51
VI. LITERATURA CITADA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de semillas de 16 especies de maleza y de las 4 especies con mayor porcentaje de germinación (>80%)	43
Cuadro 2. Comparación de medias en variables obtenidas al evaluar la germinación en 16 especies de semillas de maleza, con giberelinas y agua.	45
Cuadro 3. Comparación de medias del porcentaje de germinación y días a germinación, para las especies de maleza con mayor potencial germinativo.	46
Cuadro 4. Análisis de varianza donde se somete la variable longitud de radícula, en semillas de maíz, sometidas a extractos vegetales a base de muérdago.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las partes principales y básicas en una semilla	7
Figura 2. Dispersión de las semillas de diente de león (<i>Taraxacum officinale</i> , G. H. Weber ex Wigg.)	9
Figura 3. Ejemplo de dispersión en una conífera utilizando la anemocoria. Las semillas en este tipo de plantas están provistas de alas, las cuales les dan la facilidad de dispersarse más allá de lo que normalmente podrían ir.....	10
Figura 4. Ejemplo de dispersión usando la epizocoria. Pueden divisarse fácilmente los ganchos que poseen este tipo de plantas, con los cuales se adhieren. Es muy común que se peguen en la ropa o en el pelaje de los animales.....	11
Figura 5. Ejemplo del proceso y las etapas que lleva una semilla durante la germinación hasta producir una planta totalmente independiente de la planta madre.	12
Figura 6. Fases del proceso de germinación de semillas.....	13
Figura 7. Factores que influyen en el éxito de la maleza.	24
Figura 8. Origen de los compuestos alelopáticos de una planta.	29
Figura 9. Ubicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).	31
.....	33
Figura 10. Sanitización de las semillas de maleza con distintas soluciones esterilizantes. A) Preparación de soluciones esterilizantes. B) Conteo y separación de semillas por familias y especies. C) Preparación de las semillas en “costalitos” para su manipulación en la esterilización. D) Esterilización de las semillas con las soluciones.	33
Figura 11. Representación de tacos para germinación de semillas de maleza....	34
Figura 12. Preparación de semilla de maíz y soluciones de los extractos vegetales a diferentes concentraciones, para establecimiento de bioensayos.	37
Figura 13. Especies de maleza con mayor porcentaje de germinación, con giberelinas (GAs).	42

RESUMEN

La maleza causa problemas que causan a diferentes cultivos, para su manejo y control se han implementado estrategias de manejo para disminuir las poblaciones. El potencial de los extractos vegetales ya había sido probado con anterioridad, pero su uso como herramienta en la agricultura se remonta a no más de 40 años, ya que las regulaciones y convenios (Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Persistentes en 2004), sobre el uso de agroquímicos se ha encargado de introducir los extractos vegetales para poder llevar un manejo más acorde con lo no dañino. Se conocen un sin número de ellos y de sus efectos sobre los organismos, no solo vegetales, sino también animales. Los extractos producen metabolitos secundarios o fitoquímicos que intervienen en la fisiología de las plantas, de sus órganos y de sus funciones principales, sin embargo para partir en el estudio de este tipo de compuestos, para controlar maleza, se requiere hacer estudios previos en laboratorio, los cuales normalmente emplean semillas de plantas de cultivos que germinan de forma fácil y rápida, pero para evaluar el efecto en la maleza, se requiere establecer prototipos de estas plantas que nos den estos beneficios y que permitan su evaluación directamente en la plaga en estudio. Debido a lo anterior, se recurrió a trabajar con 16 especies de maleza de distintas familias: Solanaceae, Malvaceae, Asteraceae y Poaceae, con la finalidad de obtener las especies que mejores resultados pudieran presentar después de ser sometidas a pruebas de germinación, y clasificarlas en cuanto a su potencial germinativo. En este sentido, *Bidens pilosa*, *Eragrostis mexicana*, *Poa annua* y *Sonchus oleraceus* son las especies que tuvieron los porcentajes más altos (97%, 90%, 89% y 87%, respectivamente) de germinación; siendo tratadas con giberelinas y agua. Se realizaron pruebas de laboratorio con extractos vegetales, para ver los efectos en las especies de maleza con mayor porcentaje de germinación y comparar con prototipos de cultivos como el maíz, sin embargo, la disponibilidad de la semilla de las especies de maleza no fue suficiente y el trabajo se limitó solo a realizar las pruebas con maíz.

Palabras clave: maleza, germinación, semillas, latencia o dormancia, prototipo para bioensayos.

I. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los tiempos, el hombre ha utilizado las plantas para su beneficio, en forma de alimento, vestido, material de construcción, fuente de energía, ornamento, o para la obtención de productos terapéuticos. Al irse conociendo mejor la diversidad de las plantas y su funcionamiento en los distintos niveles (molecular, celular, organismo y población) ha sido posible diseñar estrategias para aumentar la producción y mejorar la calidad de los alimentos, principalmente (Azcón & Talón, 2013).

En la naturaleza, las plantas son quizá los organismos con mayor diversificación en formas, tamaños, colores y, sobre todo, en adaptaciones. Hay una gran variedad y son seres extraordinarios con capacidades y características únicas, y algunas de esas características son las que permitieron a un grupo especial de plantas convertirse en uno de los grandes retos para los agricultores. Etiquetadas por la agricultura moderna como plagas, las plantas de origen espontáneo, en los campos de cultivos son conocidas como maleza, arvenses o malas hierbas (Guzmán & Martínez, 2019).

Las arvenses, en el sentido agronómico, representan plantas sin valor económico o que crecen fuera de lugar interfiriendo en la actividad de los cultivos, afectando su capacidad de producción y desarrollo normal por la competencia de agua, luz, nutrientes y espacio físico, o por la producción de sustancias nocivas para el cultivo. Esto indica que representan uno de los problemas severos de la agricultura mundial, ya que su acción invasora facilita su competencia con los cultivos, a la vez que pueden comportarse como hospederas de plagas y enfermedades (Leyva & Blanco, 2007).

La maleza son la categoría de plagas en la agricultura que mayores costos genera. Globalmente, causan más pérdidas en el rendimiento de los cultivos y más costos de producción que las plagas de insectos, patógenos, nematodos que se alimentan

de raíces o los animales de sangre caliente (roedores, aves, ciervos y otros grandes herbívoros) (Schonbeck, 2022).

Sin embargo, las arvenses parecen jugar dentro del agroecosistema, un papel mucho más importante de lo que hasta hoy se conoce. Un ejemplo demostrado es que muchas de ellas se desarrollan en áreas sometidas a barbecho y sirven para prevenir la erosión del suelo y reciclar sus nutrientes y minerales. También se ha asegurado que ellas sirven de reservorio de organismos benéficos para el control general de plagas; por ello el concepto de arvenses es relativo y antropocéntrico, pero en modo alguno constituye una categoría absoluta (Leyva & Blanco, 2007).

La utilización de residuos alelopáticos, como una herramienta de manejo en los cultivos, puede ser uno de los usos más prácticos y aplicables de la alelopatía en los agroecosistemas. Estas reacciones naturales tienen múltiples efectos, que van desde la inhibición o estimulación de los procesos de crecimiento de las plantas vecinas, hasta la inhibición de la germinación de semillas. Así, los productos naturales conforman una parte muy importante de los sistemas de defensa de las plantas (Blanco, 2006).

Debido a lo mencionado anteriormente, es objeto de estudio y análisis dos fenómenos que ocurren en la naturaleza: la alelopatía y la germinación. Su relación es importante para la agricultura, establecer una investigación que nos muestre la efectividad de los compuestos aleloquímicos de las plantas sobre algunas especies de maleza, permitirá implementar alternativas sustentables de manejo al control de estas plagas. Por lo que el objeto de estudio y análisis de este trabajo fue determinar las condiciones adecuadas para estimular la germinación en semillas de especies de maleza, con la finalidad de seleccionar prototipos idóneos eficaces para probar el efecto de extractos vegetales con propiedades alelopáticas directamente sobre la maleza, de esta forma realizar pruebas que demuestren el efecto de extractos vegetales sobre la inhibición del crecimiento de plántulas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Establecer pruebas de germinación sobre semillas de maleza de diferentes especies, con la finalidad de determinar las condiciones idóneas de germinación y con ello proponer metodologías y prototipos de especies, con características óptimas para su posterior uso en la evaluación de los efectos alelopáticos de algunos extractos vegetales.

1.1.2. Objetivos específicos

Seleccionar familias y especies de importancia agronómica y económica como maleza, para llevar a cabo pruebas de germinación que nos muestren resultados positivos relacionados con la capacidad germinativa de las mismas.

Definir las especies de maleza, con alto potencial de germinación como prototipos idóneos con la finalidad de definir protocolos para pruebas básicas de germinación en para bioensayos experimentales

Evaluar extractos vegetales para determinar su potencial y características alelopáticas para aplicarse sobre las semillas de maleza, y determinar los efectos que puedan tener sobre los procesos fisiológicos ligados principalmente a la germinación de semillas.

1.2. Hipótesis

La latencia de las semillas de maleza se puede romper con tratamientos pregerminativos, lo que proveerá de protocolos y prototipos para estudios posteriores relacionados con el potencial germinativo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Las Plantas con Semilla

"Plantas con semillas" es la forma más común de llamarlas, pero sus nombres más técnicos son plantas espermatofitas o plantas fanerógamas. Son unas de las plantas más extendidas del planeta, divididas en más de 235,000 especies. Además, son capaces de adaptarse con mayor facilidad a cualquier tipo de ambiente, incluido el medio acuático (Acosta, 2021).

La evolución de las semillas en las plantas vasculares fue muy importante. De hecho, podría decirse que fue tan importante como la evolución de los tejidos vasculares. Las semillas resolvieron el problema de la liberación de brotes en un mundo seco. Una vez que las semillas evolucionaron, las plantas vasculares y sus descendientes se diversificaron para cubrir nichos terrestres por todas partes. Actualmente, las plantas vasculares con semilla dominan la Tierra (Wilkin *et al.*, 2022).

En general, la estructura de este tipo de plantas es más compleja que la de los helechos y los musgos. A simple vista, las espermatofitas se distinguen por una o más raíces, un tallo único o ramificado en los laterales, hojas y en muchos casos, flores y frutos. Contienen tejidos vasculares llamados xilema y floema. Si el xilema se acumula en gran cantidad, el resultado es conocido como "madera", lo cual es típico en los árboles y los arbustos. La peridermis es la capa que cubre al floema secundario y se compone de células integradas bajo la capa externa de una planta. La peridermis, junto con el floema, constituye la corteza (Bioenciclopedia, 2015).

El éxito evolutivo que han tenido las plantas con semillas en términos de número de especies y de individuos, se debe al origen y función de la semilla, y las ventajas evolutivas que proporciona a las plantas éste órgano (Cubas, 2008).

Algunas de las características de las plantas con semillas, además de su importante presencia sobre nuestro planeta y, por lo tanto, su capacidad de adaptarse a climas y medios muy diversos, es su sistema vascular. Mediante este, la planta consigue con mayor facilidad los nutrientes necesarios para su desarrollo. De hecho, las plantas con semillas tienen un periodo de vida mucho más largo que el resto de plantas. De ahí que, los avances evolutivos de las plantas con semillas, destaquen en comparación al resto de especies sin semillas, que son menos desarrolladas. La aparición de los tejidos vasculares no solo favorece el crecimiento y desarrollo de las distintas especies de estas plantas, sino que, además, ha conseguido la creación de estructuras adicionales para favorecer su dispersión y así reducir la competencia entre el resto de semillas e incluso con la planta madre (Acosta, 2021).

2.2. La Semilla

En las plantas la formación, dispersión y germinación de semillas, son eventos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas, son vitales para su supervivencia crecimiento y desarrollo. La propagación sexual de las plantas se da por medio de las semillas, las cuales tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie (Bradford & Nonogaky, 2007, citado por Suárez y Melgarejo, 2010).

La semilla es una unidad reproductiva compleja, característica de las plantas vasculares superiores, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización. Se encuentra en las plantas con flores (angiospermas) y en las gimnospermas. En las angiospermas los óvulos se desarrollan dentro de un ovario; en tanto que en las gimnospermas la estructura que los contiene es muy diferente, pues no constituye una verdadera flor; sin embargo, la estructura de las semillas de estas plantas es básicamente similar a la de las plantas con flores (Doria, 2010).

La estructura de la planta conocida como semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. En la naturaleza es una fuente de alimento básico para muchos animales. También, mediante la producción agrícola, es esencial para el ser humano, ya que su alimentación está constituida principalmente por semillas directa o indirectamente, además sirven también de alimento para varios animales domésticos (Doria, 2010).

Las plantas con semillas tienen un periodo de vida mucho más largo que el resto de plantas. De ahí que, los avances evolutivos de las plantas con semillas, destaquen en comparación al resto de especies sin semillas, que son menos desarrolladas (Acosta, 2021).

2.2.1. Partes y características de la semilla

De acuerdo con Wilkin *et al.*, (2022) una semilla está compuesta de al menos tres partes básicas, las cuales son el embrión, la cubierta seminal y el alimento almacenado (Figura 1). Cada una de estas partes tiene su función específica:

- El embrión se desarrolla a partir de un óvulo fecundado, mientras aún está dentro de la semilla, el embrión forma su primera hoja (cotiledón) y comienza a desarrollar un tallo (hipocótilo) y una raíz (radícula).
- La cubierta seminal dura, protege al embrión y evita que se seque hasta que las condiciones son favorables para germinar.
- El alimento almacenado en una semilla se denomina endospermo, cuya función es nutrir el embrión hasta que éste puede fabricar su propio alimento.

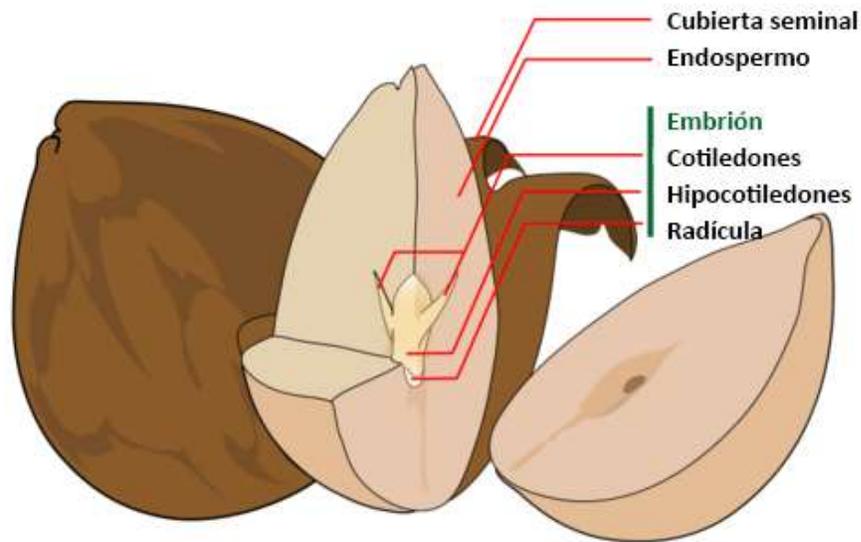


Figura 1. Las partes principales y básicas en una semilla.

2.2.1.1. Embrión

Está compuesto por un eje embrionario, en cuyos extremos se encuentran una radícula, una plúmula, y uno o dos cotiledones. Tiene su origen en la fusión de un núcleo generativo del grano de polen con la ovocélula que se encuentra en el saco embrionario. La célula diploide resultante de la fecundación comienza con una primera mitosis que dará dos células. La célula más interna será la responsable de formar el embrión, la más externa, por diversas divisiones mitóticas siempre transversales, forma una estructura denominada suspensor que tiene como misión unir el embrión a los otros tejidos del rudimento seminal (Megías *et al.*, 2019).

2.2.1.2. Cubierta seminal o perispermo

La estructura de la cubierta seminal o episperma guarda una estrecha relación con las funciones que desempeña: protección, dispersión y absorción de agua. Es la primera defensa de la semilla contra las condiciones adversas del medio que la rodea, no sólo la protege de las tensiones mecánicas y la invasión de organismos patógenos, sino también de las fluctuaciones de humedad y temperatura. Por esta

razón, la integridad de la cubierta seminal juega un rol importante en la conservación de la calidad de la semilla (Perissé, 2002)

2.2.1.3. Alimento almacenado (endospermo)

El endospermo desempeña una función importante como intermediario, tanto en la nutrición del embrión durante su desarrollo y maduración, como también en el crecimiento de la plántula, en la germinación de aquellas semillas endospermadas. El endospermo ejerce un control hormonal en el crecimiento y diferenciación del embrión y en su ausencia el embrión generalmente aborta. Además, durante mucho tiempo se creyó que este era un tejido muerto, sin embargo, en la actualidad se sabe que en la mayoría de las familias está compuesto por células vivas, aunque en algunos casos se combinan células vivas y muertas como sería en el caso de las gramíneas y leguminosas. El endospermo no solo nutre al embrión durante los estados tempranos de su crecimiento y diferenciación (embriogénesis), sino que además puede restringir físicamente la emergencia de la radícula (germinación) (Perissé, 2002).

2.2.2. Dispersión de semillas

Las semillas son el medio fundamental por el cual las plantas se regeneran y se desplazan en el espacio. Todas las semillas necesitan de agentes externos (bióticos o abióticos) que aseguren su desplazamiento. Entre los agentes bióticos, los animales son el principal vector de dispersión (Perea, 2012).

Para que una planta y las semillas de ésta puedan tener éxito, deben de ser dispersadas y con ello obtener mayores oportunidades de supervivencia. A pesar de que no todas podrán sobrevivir y establecerse, las posibilidades son altas si existe una buena dispersión hacia lugares que cumplan con las condiciones necesarias para la germinación y el desarrollo de las semillas. Para llevar a cabo la dispersión son varias las estrategias y herramientas que tienen a disposición las

plantas para asegurar que las semillas podrán sobrevivir una vez que se hayan separado de la planta madre (Wilkin *et al.*, 2022; Figura 2).



Figura 2. Dispersión de las semillas de diente de león (*Taraxacum officinale*, G. H. Weber ex Wigg.)

Para González y Arbo (2020), la diseminación es un proceso natural de las semillas el cual les brinda ciertas ventajas, tales como:

- Prevenir la competencia entre plántulas
- Facilitar a la especie la ocupación de nuevas localidades
- Permitir a los distintos individuos encontrar condiciones ambientales diferentes

2.2.3. Mecanismos de dispersión

La hidrocoria es la diseminación por medio del agua, frecuente en plantas acuáticas, los frutos o semillas que presentan este tipo de diseminación son capaces de flotar transitoriamente. Otras plantas presentan excrescencias suberificadas o grandes espacios intercelulares en frutos o involucros para facilitar la flotación, como por ejemplo las "valvas" de los frutos de las especies de *Rumex* (González & Arbo, 2020).

La anemocoria consiste en aprovechar la fuerza del viento para la diseminación (Figura 3). Permite recorrer grandes distancias, pero el resultado es aleatorio y por el camino se pierden numerosas semillas, que caen en ambientes hostiles donde no podrán germinar (Guardia, 2013).



Figura 3. Ejemplo de dispersión en una conífera utilizando la anemocoria. Las semillas en este tipo de plantas están provistas de alas, las cuales les dan la facilidad de dispersarse más allá de lo que normalmente podrían ir.

Mencionan González y Arbo (2020), que en el caso de la zoocoria se refiere a la dispersión por medio de animales, pero se deben distinguir dos formas:

- Endozoocoria: cuando los frutos o semillas son ingeridos y liberados en la materia fecal. En este caso es necesario que parte del tegumento pueda atravesar el tracto digestivo del animal, lo que sucede con las bayas o las semillas jugosas.
- Epizoocoria: cuando se adhieren a la superficie del animal. Como adaptaciones se pueden citar los mecanismos de fijación como ganchos de

las semillas, frutos o infrutescencias, pelos y superficies glandulares (Figura 4).



Figura 4. Ejemplo de dispersión usando la epizoocoria. Pueden divisarse fácilmente los ganchos que poseen este tipo de plantas, con los cuales se adhieren. Es muy común que se peguen en la ropa o en el pelaje de los animales.

Hay un tipo de diseminación que se produce gracias a mecanismos de la propia planta, la autocoria, en la que las semillas son proyectadas como consecuencia de fuerzas internas. El proceso suele guardar relación con las tensiones que genera la desecación de las cubiertas de los frutos y que proporcionan la energía necesaria para lanzar las semillas hacia el exterior (Guardia, 2013).

2.3. Germinación

La germinación es el proceso que se inicia con la toma de agua por la semilla seca (imbibición) y termina cuando una parte de ésta (eje embrionario en dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas y gimnospermas) atraviesa las estructuras

envolventes que la rodean (emergencia; Figura 5). En el caso de las semillas endospérmicas (como las de las gramíneas), la resistencia que oponen estas estructuras (testa y endospermo) al embrión es tan grande, que para que se produzca la emergencia es necesaria la degradación enzimática de varias zonas de dichas estructuras (Matilla, 2008).

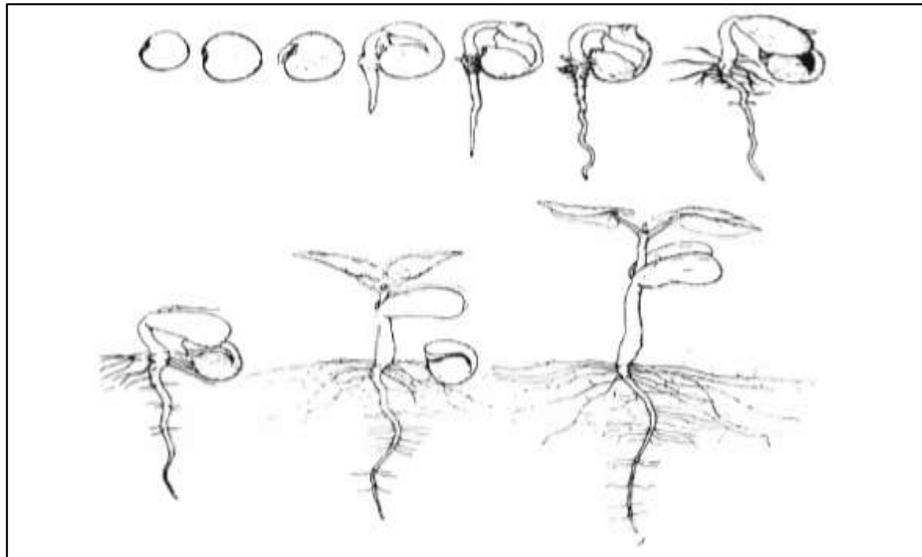


Figura 5. Ejemplo del proceso y las etapas que lleva una semilla durante la germinación hasta producir una planta totalmente independiente de la planta madre.

El proceso de germinación, es esencialmente la reiniciación del crecimiento del embrión una vez superado el período de latencia y cuando las condiciones de temperatura, luz, disponibilidad de oxígeno y agua son las adecuadas (Perissé, 2002).

La germinación involucra todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de las cubiertas seminales, aunque en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo (Varela & Arana, 2011).

2.3.1. Proceso de germinación

La mayoría de las semillas sufren una serie de eventos específicos durante la germinación. Antes de la germinación, las semillas se encuentran en una fase de mantenimiento que se caracteriza como dormancia impuesta por el ácido abscísico (ABA), bloqueadores metabólicos u otros agentes que dificultan la transición hacia la germinación (Rosabal *et al.*, 2014).

Para que la semilla cumpla con su objetivo, es necesario que el embrión se transforme en una plántula que sea capaz de valerse por sí misma, mediante mecanismos metabólicos y morfogénéticos, conocidos como proceso de germinación (Figura 6), dicho proceso está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Melgarejo *et al.*, 2010).

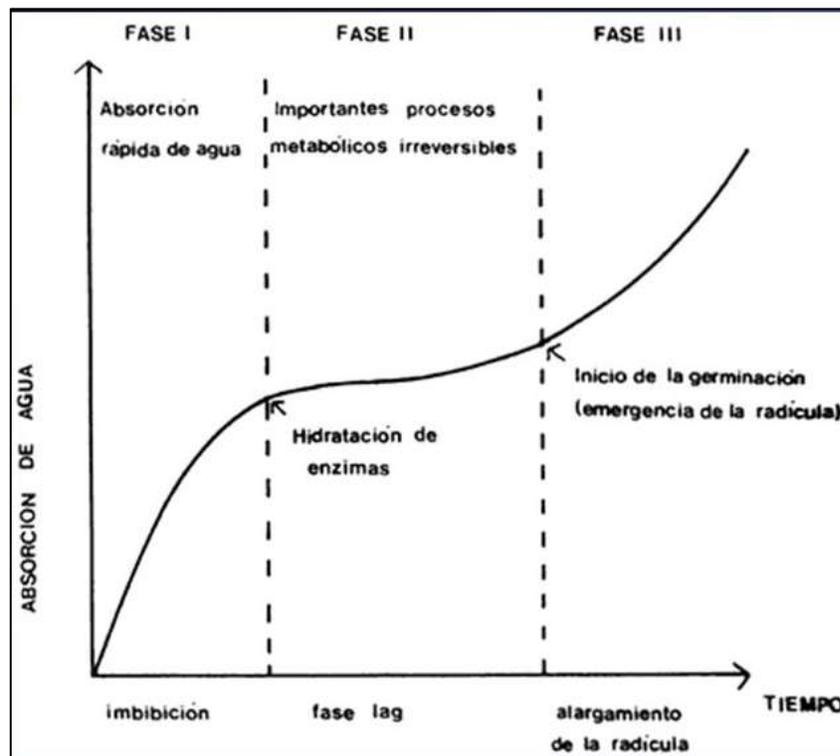


Figura 6. Fases del proceso de germinación de semillas.

2.3.1.1. Imbibición

La primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior. La hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración variable según la especie vegetal. Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas de la germinación. En esta fase, si las condiciones del medio lo determinan, la semilla puede deshidratarse retornando a su estado inicial, aunque en general esta deshidratación no afecta negativamente, ya que pueden posteriormente volver a hidratarse y reiniciar el proceso de germinación (Pita & Pérez, 1998).

2.3.1.2. Digestión y transporte de alimentos (activación enzimática)

La activación de las enzimas comienza durante la fase I y II de la imbibición. Durante la fase II, existe un intervalo de tiempo para la toma del agua, pero la semilla sufre muchos procesos esenciales para la germinación. Con la respiración, se comienza la degradación de azúcares para producir energía en forma de ATP. Basados en este patrón, la producción de ATP también debe tener un comportamiento trifásico. En esta segunda fase se inicia la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, y ocurre la translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión (Rosabal *et al.*, 2014).

Como parte de la segunda fase, la semilla adquiere tolerancia a la deshidratación y puede desarrollar un evento de deshidratación programada que conlleva a un estado de dormancia y quiescencia. Durante este proceso de deshidratación las semillas maduras alcanzan niveles de agua de 5-10 % y frecuentemente pueden perder de 1-5% de agua con poca o casi ninguna pérdida de la viabilidad (Rosabal *et al.*, 2014).

2.3.1.3. Elongación celular

En esta fase la raíz se elonga, se convierte en funcional y es la responsable de que se incremente la toma de agua que se evidencia en esta etapa. De forma interesante, si la velocidad de la respiración se observa, se puede encontrar un patrón trifásico también, lo que demuestra la importancia del agua en la activación de las enzimas. El crecimiento y la división celular que se suceden por la activación del metabolismo de las células de las semillas provocan la emergencia de la radícula, llegando así al fin del proceso de germinación y propiciando a su vez el posterior desarrollo de la plúmula. Después de la emergencia ocurren muchos eventos de diferenciación celular (Rosabal *et al.*, 2014).

2.4. Las Hormonas Vegetales y su Relación con las Plantas

El funcionamiento normal de una planta requiere de ciertos mecanismos que le permitan regular y/o coordinar las diferentes actividades de sus células, tejidos y órganos. Al mismo tiempo debe ser capaz de percibir y responder a los cambios del ambiente. Entre los posibles mecanismos de regulación, el más conocido es el sistema de mensajeros químicos (señales químicas). Esta comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas vegetales. Una fitohormona u hormona vegetal se define como una sustancia orgánica, distinta de los nutrientes, activa a muy bajas concentraciones, a veces producida en determinados tejidos y transportada a otro tejido, donde ejerce sus efectos, pero también puede ser activa en los propios tejidos donde es sintetizada (Fichet, 2017).

Las hormonas vegetales son una pieza clave en el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque también se encuentran vinculados a su defensa. Aunque descubiertas en el siglo pasado, con el pasar del tiempo y con la mejora de las técnicas químicas, se han ido descubriendo muchas más características que han permitido desarrollar insumos para la agricultura, mejorando de esta forma los rendimientos de los cultivos (Borjas-Ventura *et al.*, 2020).

Una misma hormona tiene diferentes efectos según el momento y el órgano en el cual actúa y como los efectos de las distintas fitohormonas se sobreponen, la regulación que ejercen debe comprenderse desde la perspectiva de una interacción entre los distintos grupos (Murillo, 2017).

Cada hormona producida por la planta cumple varias funciones, algunas muy específicas, y en otros casos deben actuar dos o más hormonas para regular un solo evento. La presencia hormonal es crítica para que el evento se presente. Por el contrario, si está ausente, en poca cantidad o en otro sitio distinto, el evento no se presenta o se manifiesta muy pobremente. Sin embargo, las plantas no solo producen fitohormonas, sino también otros compuestos como los aminoácidos, vitaminas, enzimas, proteínas, etc., formándolos a partir del suministro de nutrimentos. Estos compuestos no regulan como tal los eventos, pero si participan de una manera muy significativa en su expresión (Díaz, 2017).

2.4.1. Fitohormonas en las semillas y en la germinación

El ácido abscísico, también conocido como ABA, es una de las fitohormonas capaces de inhibir y controlar algunos procesos vegetales que normalmente ocurren de manera natural. Como regulador de crecimiento vegetal posee la capacidad de regular y mantener la dormancia de las semillas potencializando este efecto y tiene un rol importante en la maduración de semillas. Se le considera normalmente como un inhibidor del crecimiento debido a que puede detener el proceso de germinación vegetal (Alcántara *et al.*, 2019).

Las giberelinas (GAs) son alrededor de 130, todas presentes en plantas superiores e inferiores, y existe un gran número de compuestos de uso comercial en base a este grupo. Son tantas que se las señala con números, pero sólo cuatro son fisiológicamente activas: las GAs 1, 3, 4 y 7. Estas fitohormonas se producen en la zona apical, frutos y semillas y sus principales funciones son interrumpir el periodo

de latencia de las semillas, haciéndolas germinar, inducir la brotación de yemas y promover el desarrollo de los frutos (floración), entre los más destacados (Murillo, 2017).

La síntesis de GAs ocurre en varios lugares, sin considerar la situación específica en semillas de cereales. En plántulas, la síntesis y presencia de altos contenidos de estas hormonas se detecta en hojas y yemas en activo crecimiento y en material adulto a nivel de frutos, y en menor medida en raíces. Sin embargo, formas activas de GAs no se encuentran en todos los órganos de síntesis, dado que sólo algunas fases de la síntesis pueden ocurrir en ellos (Jordán & Casaretto, 2006).

Esta hormona se encuentra relacionada a la germinación de semillas, elongación del tallo, expansión de la hoja, maduración del polen y el desarrollo de flores, frutos y semillas. Aunque, en función de su dosis y del estado fenológico de la planta, los biorreguladores en base a giberelinas pueden promover el crecimiento del vástago (por ejemplo, en plantas arbóreas), la germinación de semillas e incrementar el rendimiento entre otras funciones (Borjas-Ventura *et al.*, 2020).

Muchas semillas entran en estado de dormancia el cual implica un periodo de inactividad con imposibilidad para germinar por presencia de testas muy duras o falta de requerimientos de frío o de luz. La aplicación de GAs permite la activación de varias enzimas de tipo hidrolasas que dan cuenta parcial de este efecto, sacando con mayor rapidez a las semillas de esta fase. Cabe mencionar que esta hormona también trabaja a nivel de la movilización de reservas en las semillas al inicio del proceso de germinación (Jordán & Casaretto, 2006).

Las auxinas se sintetizan sobre todo en los primordios de las hojas y hojas jóvenes, así como en las semillas en desarrollo. Desde las partes jóvenes de la planta se crea un gradiente de auxina tallo-raíz. Favorece el crecimiento celular, la división celular, diferenciación del tejido vascular, el crecimiento del tallo, el inicio de raíces laterales, media la respuesta geotrópica, afecta al envejecimiento y caída de las

hojas, retrasa la maduración de los frutos, promueve la floración en algunas especies (Jiménez, 2019).

Las citocininas se producen en los meristemos apicales de la raíz y se extienden por todo el cuerpo de la planta. También se sintetizan en semillas en desarrollo y tienen muchas funciones relacionadas con la proliferación celular y el retardo del envejecimiento y abscisión (Jiménez, 2019).

2.5. Dormancia o Latencia

La latencia o dormición de semillas es un estado en el que, debido a diversos factores, las semillas intactas y viables son incapaces de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad, luz y concentración de gases que normalmente serían adecuadas para la germinación. La germinación puede inhibirse o retrasarse debido a una gran variedad de causas, entre las cuales está una baja capacidad de absorción de agua por parte de la semilla, inmadurez fisiológica del embrión, presencia de factores químicos que controlan de manera endógena la germinación, entre otras (López-Váldez *et al.*, 2014).

La mayoría de las plantas producen semillas incapaces de germinar antes de su dispersión. Se dice que estas semillas están durmientes o latentes. Algunas semillas, al menos, mantienen esta incapacidad incluso después de la dispersión; en cambio, otras pueden germinar en la planta madre. Este fenómeno se conoce como viviparismo, y en él está implicada la inhibición de la síntesis de ácido abscísico (ABA) con niveles entre 25-50% o la falta de sensibilidad a éste durante la fase media-final de la embriogénesis zigótica. La dormición puede definirse como el bloqueo que tiene lugar en una semilla viable que le impide completar la germinación en condiciones favorables, también se explica en la capacidad carente de una semilla para germinar en un período de tiempo concreto, aunque se someta a una combinación de factores físicos medioambientales que en otras circunstancias favorecen su germinación (Matilla, 2008).

La dormancia es un estado de la semilla en el cual la tasa metabólica, o tasa de reacciones químicas dentro de la célula, disminuye, por lo que necesita muy poca energía, oxígeno o agua. Las semillas pueden mantenerse en este estado durante mucho tiempo, en algunas especies durante muchos años. Una combinación de factores externos como luz, agua, temperatura y sustancias químicas pueden terminar este periodo. La salida de la dormancia puede estar controlada por el embrión, por el endospermo, por la cubierta o por una combinación de éstos (Megías *et al.*, 2019).

La dormición secundaria está vinculada fundamentalmente a las condiciones medioambientales, y se induce una vez que la semilla que la adquiere ha sido diseminada y la dormición primaria ha disminuido. En condiciones naturales, la dormición secundaria es inherente a muchas semillas integrantes del banco de semillas del suelo, este tipo de dormición se induce cuando una semilla no durmiente no recibe la señal o señales externas necesarias para germinar. Si estos parámetros alcanzan unos valores óptimos para una semilla, tiene lugar el proceso germinativo. En términos fisiológicos, las semillas con dormición primaria y secundaria son diferentes, principalmente porque responden de forma distinta a un mismo factor estimulante de la germinación (Matilla, 2008).

No todas las plantas tienen semillas latentes. De hecho, son muchas las especies cuyas semillas germinan en el momento en que son expuestas a condiciones favorables. Además, parece ser que las plantas pueden adquirir y perder la latencia de sus semillas de forma relativamente rápida como resultado de la selección (Willis *et al.*, 2014).

2.5.1. Tipos de latencia

De acuerdo con Varela y Arana (2011), estos autores destacan una clasificación sobre la latencia y las diferencias que existen entre una y otra, las cuales son:

- Latencia por la cubierta de las semillas o exógena
 - a) Latencia física: la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables.
 - b) Latencia mecánica: en ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiados duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación.
 - c) Latencia química: corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

- Latencia morfológica o endógena: se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración.
 - a) Embriones rudimentarios: se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto.
 - b) Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla

- Latencia interna: en el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión.
 - a) Fisiológica: corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitor.
 - b) Interno intermedio: esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante

- c) Del embrión: se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad
- Latencias combinadas (morfofisiológica y exógena-endógena).

2.6. Pruebas de Germinación

Para determinar ciertos parámetros dentro de un experimento se requiere muchas veces la realización de pruebas, si se refiere a germinación, entonces se necesita saber características como el vigor de la semilla, ya que se relaciona directamente con la capacidad para germinar y producir una plántula normal en ciertas condiciones. Este tipo de pruebas se usa en laboratorios o empresas de investigación y busca evaluar o detectar diferencias significativas en la calidad fisiológica de las semillas, así como la clasificación de lotes en base al nivel de vigor de las semillas (Proain, 2021).

Una prueba de germinación evalúa el porcentaje de semillas en un lote con capacidad de germinar y producir plántulas en condiciones ambientales ideales (temperatura, humedad y aireación) para el proceso de germinación (Proain, 2021).

La prueba de germinación estándar, se define como el proceso más común para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas, pero debido a que se realiza en condiciones ideales para las especies, en la práctica se sobreestima el comportamiento de algunas semillas (López *et al.*, 2016)

Las pruebas de germinación permiten realizar experimentos para establecer las condiciones favorables para la germinación de una determinada especie. Ayuda a medir la capacidad de germinación de las semillas de una población a un tiempo determinado, calculando un porcentaje de germinación (UPRM, 2018).

De acuerdo con Solano (2020), las semillas en muchas ocasiones presentan características ya sean morfológicas, físicas o fisiológicas, que les impiden germinar de la mejor manera o simplemente no pueden llevar a cabo dicho proceso; es por ello que se requiere el uso de ciertos tratamientos pregerminativos, los cuales le permitirán a la semilla cumplir con su ciclo, algunos de los más usados se mencionan a continuación:

*Ablandado de la testa

*Perforado de la testa

*Lijado de las semillas

*Escarificación

*Ácido sulfúrico (escarificación mecánica)

*Aplicación de hormonas (giberelinas, ABA, auxinas)

*Nitrato de potasio

*Bioestimulantes

2.7. La Maleza

Las plantas no objeto de cultivo reciben distintos nombres vulgares, malas hierbas, manigua, arvenses, bejucos, plantas adventicias, epifitos, parásitas, yerbas invasoras, entre otros, sin que ninguno ocupe la totalidad de las plantas en los cultivos. Se consideran como arvenses a todas las plantas superiores, que por crecer junto o sobre plantas cultivadas, perturban o impiden el desarrollo normal, encarecen el cultivo y merman sus rendimientos o la calidad (Leyva & Blanco, 2007).

El concepto de maleza resulta controversial, porque algunas plantas señaladas como maleza son consumidas como alimentos, otras tienen propiedades medicinales o bien usadas en la alimentación animal, algunas por sus flores o follaje son usadas como ornamentales; por otro lado, plantas cultivadas en ciertas condiciones son consideradas como maleza; por ejemplo, la presencia de plantas de una especie cultivada en siembras del mismo cultivo pero diferente variedad o

diferente cultivo, se consideran como plantas atípicas o maleza, principalmente en las producciones destinadas para la obtención de semilla. Desde el punto de vista agronómico la maleza compite con los cultivos por nutrientes, agua, luz, espacio y CO₂; además, muchas especies producen sustancias alelopáticas que pueden afectar la germinación y crecimiento de los cultivos (Rodríguez, 2020).

El valor de una arvense está determinado incuestionablemente por la percepción de su observador; estas percepciones tienen gran influencia en las actividades humanas dirigidas hacia su manejo. Por otra parte, se ha señalado que, desde el punto de vista antropocéntrico, las arvenses se consideran plantas que interfieren de una forma u otra en las actividades del hombre; sin embargo, biológicamente estas tienen un valor incalculable por constituir el eslabón fundamental de todo ecosistema (Leyva & Blanco, 2007).

Las plantas consideradas como maleza, son una forma especial de vegetación altamente exitosa en ambientes agrícolas: son poblaciones vegetales que crecen en ambientes perturbados por el hombre sin haber sido sembradas. Desde un punto de vista ecológico las malezas pueden ubicarse dentro de las pioneras de la sucesión secundaria. En el agro ecosistema el impacto más crítico de la maleza es el efecto negativo sobre las plantas cultivadas ejercido a través de la competencia por recursos limitados y las alelopatías. Trastornos en la recolección y el acondicionamiento de los granos y la disminución de la calidad del forraje constituyen perjuicios adicionales en muchos sistemas (Leguizamón, 2000).

2.7.1. La importancia de la maleza en el mundo y en México

En primera instancia, si no fuera por las plantas silvestres algunas de ellas consideradas como maleza, la capa vegetal que tiene la superficie del planeta hoy en día se habría perdido, y la raza humana ya habría sufrido una hambruna masiva. Ya que a las que llamamos “malezas” tienen un papel fundamental en la vida de los ecosistemas: se adaptan rápido al suelo, lo protegen y ayudan a que se recupere

de la exposición a daños causados por la naturaleza y los seres humanos (Schonbeck, 2022).

Sin embargo, la maleza puede afectar hasta 30% o más el rendimiento de algunos cultivos. Prácticas como la cobertura con rastrojo y la diversificación de cultivos ayudan a reducir su incidencia y cuando el deshierbe se hace de forma manual, el uso de deshierbadores ayuda a reducir tiempo y esfuerzo (CIMMYT, 2021).

El desarrollo de una flora indeseable puede ser provocado por la combinación de procesos ecológicos y de evolución (Figura 6). Es verdaderamente probable que una especie se convierta en maleza debido a cambios del hábitat, ya que el proceso de selección es esencialmente una alteración ecológica. Al nivel de escalas ecológicas de tiempo, se puede distinguir la pre-adaptación y la inmigración, procesos ambos dominantes en la presencia de la maleza en el hábitat. La aparición de especies resistentes a los herbicidas y la caracterización de especies dentro del taxón correspondiente es un buen ejemplo de la escala de tiempo evolucionaría (FAO, 1996).



Figura 7. Factores que influyen en el éxito de la maleza.

Aproximadamente una cifra superior a 250,000 especies vegetales dentro de las fanerógamas, menos de 250 se consideran especies importantes en amplios sectores del planeta. De estas unas 70 son citadas como las peores especies de plantas consideradas como maleza a nivel mundial. Estas 70 especies están distribuidas en 30 familias, pero casi los dos tercios están ubicados en ocho familias y alrededor del 50% están ubicadas en solo dos familias: Poaceae y Asteraceae. De las 30 familias botánicas que contienen a las más agresivas y perjudiciales arvenses del mundo, cinco de ellas Poaceae, Solanaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae también suministran el 75 % del alimento mundial. Esta observación implica que los cultivos y las arvenses comparten características taxonómicas y orígenes evolutivos comunes (Blanco, 2016).

La competencia entre la maleza y los cultivos puede compararse con una competencia de carrera, cuyo resultado puede variar desde un impacto básicamente nulo en el rendimiento del cultivo (el crecimiento de la maleza es menor comparado con el del cultivo) hasta la pérdida total del cultivo (la maleza supera al cultivo) (Schonbeck, 2022).

Las arvenses además de ser altamente competitivas, hospedan insectos y patógenos dañinos en las plantas de los cultivos y sus exudados de raíces y filtraciones de las hojas pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas. Además, interfieren con la cosecha del cultivo e incrementan los costos de tales operaciones; en la cosecha, las semillas de estas pueden contaminar la producción. Por lo tanto, la presencia de arvenses en las áreas de cultivo reduce la eficiencia de los insumos tales como el fertilizante y el agua de riego, fortalecen la densidad de otros organismos y plagas, finalmente, reducen severamente el rendimiento y la calidad del cultivo (Blanco, 2016).

De acuerdo con la SENASICA (2020), en México se han detectado infestaciones de 11 plantas consideradas como maleza reglamentada las cuales se encuentran distribuidas en los estados de Aguascalientes, Baja California, Ciudad de México,

Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas. La maleza reglamentada presente en México, son nombradas de acuerdo a la cantidad de superficie infestada en áreas agrícolas o cercanas a dichas zonas, por lo que se cita a: *Aegilops cilíndrica* Host, *Cuscuta campestris* Yunck, *Cuscuta indecora* Choisy, *Cuscuta spp.* L., *Emex australis* Steinh, *Digitaria velutinia* Forsk, *Polygonum convolvulus* L. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour. Clayton). *Silybum marianum* (L. Gaertn). *Themeda quadrivalvis* (L. Kuntze). *Urochloa panicoides* (CABI).

2.7.2. Los daños de la maleza y su control

A nivel mundial, la maleza es uno de los principales problemas causando pérdidas millonarias en muchos países en los que están asentadas. Estas especies de plantas presentan una gran plasticidad ecológica y adaptabilidad a condiciones adversas que no resisten los cultivos de interés económico. La familia Solanaceae se encuentra entre las más grandes dentro de las angiospermas. A nivel mundial se reportan 96 géneros y 2,300 especies de distribución casi cosmopolita. Muchas especies son de enorme importancia económica (Domínguez, 2018).

Según, lo mencionado por Blanco (2016), las arvenses son importantes porque tienen efectos negativos sobre las actividades del ser humano y por los costos en los que se incurre en su manejo para mantener las poblaciones a un nivel que no reduzca el rendimiento del cultivo y no interfieran con las actividades de los humanos ni causen repulsión a la vista. También cabe enlistar los daños e inconvenientes que provoca:

- Costos por manejo.
- Dificultan y demoran las labores agrícolas.
- Son hospedantes de plagas.
- Reducen el rendimiento de los cultivos.

- Reducen la calidad del producto.
- Envenenan a los animales.
- Causan problemas de salud al hombre.
- Disminuyen el valor de la tierra.

El control de la maleza en un lote es una tarea fundamental para la producción. Existen diferentes momentos de control, previos a la emergencia de la maleza, en estadios tempranos de la maleza o en estadios vegetativos avanzados. Cuanto más avanzado esté el estadio de la maleza, más difícil será su control, sobre todo el químico. El control de la maleza se realiza para evitar que esta tome nutrientes o agua que el cultivo necesitará una vez sembrado. Realizar un correcto control de la maleza permitirá almacenar agua y nutrientes y comenzar el establecimiento del cultivo sin competencia de luz ni espacio, garantizando el correcto establecimiento, lo cual constituye la base para lograr buenos rendimientos (Agrospray, 2022).

La implementación de técnicas de manejo integrado de malezas contribuye a lograr mitigar la adquisición de resistencia de algunas especies o biotipos a herbicidas químicos; de este modo, podemos manejar o retrasar su manifestación puesto que no existe ningún método o estrategia individual que sea totalmente efectiva (Papa, 2018).

De acuerdo con Papa (2018), se menciona una lista con los componentes que contempla el manejo integrado de malezas:

- Rotación de cultivos
- Rotación de herbicidas con distintos modos de acción
- El monitoreo de la maleza
- La aplicación de conocimientos de biología al manejo
- La aplicación correcta de los herbicidas
- El uso de buena semilla de calidad, de origen conocido y libre de propágulos de maleza

- Evitar la siembra sobre maleza viva
- Selección de arreglos espaciales competitivos
- Limpieza de equipos
- La planificación de acciones
- La correcta generación de conocimientos y capacitación continua en manejo de la maleza de todos los actores del proceso productivo

2.8. Alelopatía

La alelopatía es un fenómeno biológico por el cual un organismo produce uno o más compuestos bioquímicos que influyen en el crecimiento, supervivencia o reproducción de otros organismos (Pérez, 2017).

Este resultado aleloquímico es el efecto producido por las interacciones bioquímicas que se establecen en un agroecosistema entre una especie donante y otra receptora, que incluye a plantas y microorganismos y pueden ser daños o beneficios (Blanco, 2006).

En todo fenómeno alelopático existe una planta que libera al medio ambiente por una determinada vía, ya sea por lixiviación, descomposición de residuos, volatilización o exudados, compuestos químicos los cuales al entrar en contacto con otra planta provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última (Figura 7). Los compuestos citados que desencadenan el proceso se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas. Estos compuestos también evitan la acción de insectos y animales comedores de hojas, así como los efectos dañinos de bacterias, hongos y virus (Pérez, 2017).

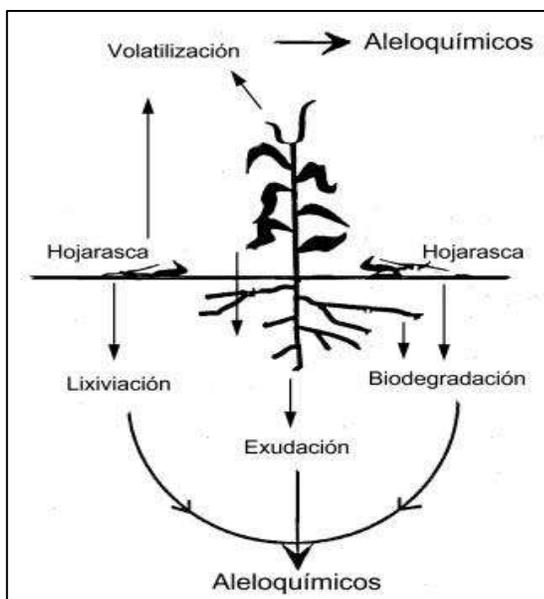


Figura 8. Origen de los compuestos alelopáticos de una planta.

La mayoría de los aleloquímicos activos (que pueden considerarse herbicidas naturales) son más tóxicos para las semillas y plántulas recién germinadas. Las plantas más grandes y los brotes que surgen de los rizomas, tubérculos, bulbos u otras estructuras subterráneas de almacenamiento y reproducción de la maleza perenne son mucho menos susceptibles (Schonbeck, 2022).

La alelopatía se muestra como un fenómeno de excreción de sustancias (exudados) con efecto inhibitorio, estimulante e incluso autotóxico proveniente de las partes aéreas o subterráneas, ya sean muertas o producto de su descomposición en el suelo (Figura 7). Es importante mencionar que a pesar de que existen limitaciones en el estudio y conocimiento de los mecanismos de acción de los agentes alelopáticos, se ha comprobado que tienen efecto sobre alteraciones hormonales (auxinas, ácido indolacético y giberelinas, principalmente), sobre la actividad enzimática, efectos en la actividad fotosintética, en la respiración y en procesos asociados o que ocurren en las membranas (Blanco, 2006).

2.9. Los Extractos Vegetales

Los extractos vegetales son preparados que se obtienen de la extracción de diferentes sustancias vegetales a partir de diversos procesos, como: maceración, fermentación, infusión, decocción y esencias. Los principios activos presentes en cada planta son complejos fitoquímicos (metabolitos secundarios), podemos encontrar gran variedad y diferentes concentraciones, por lo que sus beneficios son variados. Existen compuestos activos que pueden servir para combatir plagas y enfermedades, así como estimulantes en el desarrollo vegetativo e inductores de resistencia ante factores abióticos (sequía, granizo, heladas, entre otros). La eficacia de los extractos vegetales depende de diversos factores, entre los que destacan: especie e inclusive variedad vegetal, metodología de extracción, la calidad de las plantas utilizadas, concentración utilizada, para citar algunos (SADER, 2021).

Los extractos vegetales tienen muchas aplicaciones alrededor del mundo, se usan en distintas áreas que no son de la agricultura precisamente, pero dentro de los usos en plantas funcionan como estimulantes en el desarrollo, igualmente favorecen su desarrollo vegetativo y la activación de sus ciclos bioquímicos para la producción de sustancias específicas en las plantas. Por otra parte, estos compuestos ayudan, como parte de la estimulación, a la inducción de resistencia en las plantas ante factores bióticos y abióticos (Fagro, 2018).

De acuerdo con la SADER (2021), la efectividad de los extractos está relacionada con los principios activos que estos poseen, algunos de ellos son:

- Alcaloides
- Taninos
- Mucílagos
- Aceites esenciales

Heterósidos: azufrados, flavonoides y saponinas

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con las coordenadas 25°21'16" N y 101°01'56" W, específicamente en el Departamento de Parasitología en el Laboratorio de Malezas (Figura 8).



Figura 9. Ubicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

3.2. Selección de Semillas de Maleza

En el laboratorio de malezas se cuenta con una Colección de Referencia de Semillas de Maleza, que alberga gran variedad de especies la mayoría de importancia económica y de ese resguardo fue de donde se seleccionaron las especies que se estudiaron en este trabajo.

Las especies de importancia que tenían mayor número de semillas fueron las que se seleccionaron, posterior a ello se corroboró la identidad de cada una mediante características morfológicas y comparación de fotografías que se tienen en las

bases de datos de que se encuentran en Internet, principalmente de CONABIO¹ y SENASICA². Por tanto, se trabajó con 16 especies de cuatro familias de maleza, las cuales fueron: Poaceae, Asteraceae, Malvaceae y Solanaceae.

3.3. Pruebas de Germinación en Semillas de Maleza

Posterior a la corroboración de identidad de especies, de las semillas seleccionadas, éstas se contaron y separaron en grupos de 200 unidades para realizar las pruebas de germinación correspondientes.

3.3.1. Sanitización de semillas

Dentro de los protocolos establecidos por el ISTA (2016), para pruebas de germinación de semillas, se considera la sanitización de semillas, sin embargo, como se carece de protocolos para semillas de maleza, se procedió a sanitizarlas con un método especial, el cual consistió en exponer las semillas a distintas soluciones sanitizantes y a distintas concentraciones durante periodos de tiempo variables. Por lo que, se usó hipoclorito de sodio (NaClO) al 2% durante 5 min, seguido de cloruro de benzalconio durante 2 min, agua oxigenada al 20% durante 5 min, y agua destilada estéril, para enjuagar las semillas después de cada inmersión en las soluciones. Las semillas se colocaron en costalitos de tela organza, para poder ser sumergidas en cada solución y enjuague, al finalizar la sanitización, se pusieron a secar en papel filtro estéril para su posterior uso en los bioensayos (Figura 9).

¹ <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>

² <https://www.gob.mx/senasica/documentos/laboratorio-de-malezas>



Figura 10. Sanitización de las semillas de maleza con distintas soluciones esterilizantes. A) Preparación de soluciones esterilizantes. B) Conteo y separación de semillas por familias y especies. C) Preparación de las semillas en “costalitos” para su manipulación en la esterilización. D) Esterilización de las semillas con las soluciones.

3.3.2. Establecimiento de bioensayos para las pruebas de germinación

Las semillas sanitizadas quedaron preparadas para realizar los bioensayos, por lo que se definieron dos tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, usando una solución de ácido giberélico al 40% como tratamiento y también agua destilada estéril como testigo, siendo este el segundo tratamiento.

Se tomaron 25 semillas para cada repetición y se colocaron sobre papel filtro estándar especial (15 x 20 cm), se aplicaron 25 mL de solución por cada “taco” para facilitar la maleabilidad del papel y también para hidratar e imbibir las semillas, al final se enrollaron de manera que fuera fácil manipular los tacos durante la toma de datos (Figura 10). Esto se realizó con cada especie, por tanto, se colocaron cuatro

tacos por en una bolsa de polipapel, éstas fueron selladas y etiquetadas para posteriormente ser introducidas en una incubadora a una temperatura de 26-30°C. Se tuvieron, por tanto, un total de 16 especies de maleza, pertenecientes a cuatro familias distintas, cada especie con dos tratamientos (con agua y con ácido giberélico) y en cada tratamiento cuatro repeticiones o “tacos”, en total 128 unidades experimentales.



Figura 11. Representación de tacos para germinación de semillas de maleza.

3.4. Variables Evaluadas en las Pruebas de Germinación con Semillas de Maleza

Una vez establecido el experimento se procedió a realizar una base de datos donde se registraron los resultados del porcentaje de germinación (%) de las especies de maleza en el transcurso de los días, por lo que el número de días en los que se alcanzó la máxima germinación también fue evaluado. Cada 48 horas se hizo una toma de datos durante tres semanas para evaluar el número de semillas de cada especie que germinó. También se hicieron observaciones acerca de la contaminación por patógenos como hongos y bacterias o cualquier otro tipo de contaminante que irrumpiera en el progreso del experimento. Se capturaron los

datos en una hoja de Excel, donde se realizó una matriz básica de datos con las variables porcentaje de germinación de semillas de cada especie de maleza y de cada repetición por tratamiento y el número de días.

3.5. Elaboración de Extractos Vegetales

Para elaborar los extractos vegetales fue necesario el muestreo y recolección de especies con potencial alelopático, esto en las cercanías de la UAAAN y en los alrededores de Saltillo. Al final se seleccionaron dos especies: gobernadora (*Larrea tridentata*, Coville) y muérdago (*Phoradendron densum*, Torr).

La elaboración de extractos se inició con el lavado de *L. tridentata* y *P. densum* con agua corriente y agua destilada, posteriormente se secaron a temperatura ambiente sobre papel estraza y en una estufa de secado (Felisa, mod. 143) a 35°C para eliminar por completo el exceso de humedad y hasta que el peso del material fue constante, aproximadamente de 7 a 15 días, esto vario dependiendo de cada especie, posteriormente el tejido vegetal se molió en un molino industrial eléctrico (Oster®) hasta convertirlo en polvo fino, el producto de la molienda se envasó en frascos de vidrio de 1.0 L, recubierto de papel aluminio a temperatura ambiente y a una humedad relativa menor a 45%, hasta su uso.

3.5.1. Extracto etanólico

Para la elaboración del extracto etanólico se emplearon 56 gramos de tejido vegetal en 1,000 mL de etanol al 96% y se dejó en reposo por un periodo de siete días. Posteriormente se filtró a vacío con papel filtro Whatman® # 1 en un embudo Büchner conectado a un matraz kitasato y a una bomba de vacío para extraer el alcohol y permitir la separación de los residuos vegetales. Inmediatamente se sometió a un proceso de extracción sucesiva empleando un rotavapor (IKA® HB 10 digital, RV 10DS1) por un periodo de dos horas a una temperatura de 70°C a 200 revoluciones por minuto. El extracto obtenido se depositó en tubos con tapa rosca

tipo falcón de 10 mL, recubiertos de hojas delgadas de aluminio y se conservaron en refrigeración hasta su uso (Gamboa *et al.*, 2003).

3.6. Ventana Biológica para Definir Dosis de los Extractos Vegetales

Para la apertura de la ventana biológica y definir las concentraciones de los extractos a emplear, se utilizó semilla de maíz como prototipo, no fue posible utilizar la semilla de maleza resultante optima de las pruebas de germinación, debido a que no era suficiente para establecer dicha ventana biológica, por lo que se reservó para los experimentos finales. Por tanto, para establecer los bioensayos se aplicó el mismo procedimiento que se utilizó para la semilla de maleza, que fue la selección y conteo de la semilla, así como el de sanitización. El número de semillas de maíz utilizada fue de 100 semillas de maíz, con cuatro repeticiones de 25 semillas, por dosis o tratamiento; el total de semilla de maíz utilizada en esta etapa de la investigación fue mayor que las que se utilizaron para las pruebas con semilla de maleza, debido a que fueron más dosis en las que se requirió probar los extractos.

Se preparó una solución madre (10,000 ppm) en 100 mL de agua, usando 1.0 mL puro de extracto, a partir de ésta se realizaron las diluciones para 8,000, 6,000 y 5,000 ppm, estas fungieron como tratamientos. El procedimiento fue el mismo para los dos extractos etanólicos, tanto de muérdago, como de gobernadora, sin embargo, en el caso del primer extracto se utilizó agua destilada estéril y para gobernadora fue complicado hacer una disolución acuosa y se utilizó alcohol al 96% debido a la cantidad de resinas que tiene, por tanto, la solución madre, se realizó con el alcohol y a partir de allí se usó agua para obtener las demás concentraciones (Figura 11).



Figura 12. Preparación de semilla de maíz y soluciones de los extractos vegetales a diferentes concentraciones, para establecimiento de bioensayos.

En el establecimiento de los bioensayos, se colocaron 25 semillas en un papel de 15 x 20 cm sobre una charola, y se humedeció con 25 mL de solución, para cada concentración a probar, posteriormente se formaron “tacos o rollos”, cuatro tacos por tratamiento, se introdujeron en una bolsa que fue sellada y etiquetada. Nuevamente se usó la incubadora con el mismo rango de temperatura que para las pruebas de germinación en semillas de maleza.

3.7. Variables Consideradas en Ventana Biológica para Extractos Vegetales

Porcentaje de germinación: se evaluó número de semillas germinadas y se extrapolo a porcentaje, esto se realizó a los 3, 5, 7, 9, 12 y 15 días después de haberse establecido las pruebas para cada una de las dosis o tratamientos. La prueba duro sólo 15 días y se consideró como germinación el momento en el que la radícula rompió la testa o esta se veía visible.

Longitud de la radícula: medición del crecimiento en largo, de la radícula en cada semilla de maíz germinada y de cada tratamiento, expresado en milímetros.

3.8. Pruebas de Germinación con Extractos Vegetales en Semillas de Maleza

Las pruebas de germinación para determinar los efectos de extractos vegetales de gobernadora y muérdago, sobre especies prototipo de maleza, no fue posible realizarlas debido a que los resultados obtenidos de la ventana biológica no justificaron el establecimiento de estas pruebas.

3.9. Transformación de Datos y Análisis Estadísticos

Se elaboró una base de datos con las observaciones y anotaciones sobre las semillas de maleza y su comportamiento en cuanto a germinación. Por lo que, se corrió un análisis de varianza (ANOVA), con un diseño experimental completamente al azar y se realizó la comparación de medias para la variable porcentaje de germinación, usando la prueba de medias de Duncan ($\alpha \leq 0.05$), como una prueba conservadora en las agrupaciones que genera ésta.

De igual manera se llevó a cabo una base de datos para las semillas de maíz, sometidas a los extractos vegetales en la determinación de dosis con ventana biológica. Por lo que, se realizó ANOVA con un diseño completamente al azar, y una prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Esto con la finalidad de comparar las medias de la variable de longitud y el efecto sobre el porcentaje de germinación de los extractos a diferentes dosis.

Los análisis se realizaron con el apoyo el paquete Statistical Analysis System (SAS) versión 9.3 para Windows (SAS Institute, 2002) para la comparación de medias se consideraron los niveles de confiabilidad al 99, 95 y 90% ($\alpha \leq 0.01$, $\alpha \leq 0.05$ y $\alpha \leq 0.10$, respectivamente).

Para poder desarrollar la base de datos en ambos casos, fue necesaria la transformación de los números fraccionados y números con decimales a números naturales, ya que de esta manera el programa SAS podría reconocer dichos datos

para que posteriormente la conversión fuera estándar para todos los números y el resultado de los análisis fueran más exactos y precisos, la transformación se llevó a cabo en Excel seleccionando los valores a transformar y aplicando Log10.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selección de Especies de Maleza para Pruebas de Germinación

De la Colección de Referencia de Semillas de Maleza del Área de Malezas del Departamento de Parasitología en la UAAAN, se seleccionaron 16 especies que resultaron ser las que tenían mayor número de semillas, éstas se clasificaron y se dividieron en cuatro familias, por lo que se trabajó con semilla de Asteraceae, Malvaceae, Poaceae y Solanaceae, todas con relevancia e importancia a nivel mundial, así como nacional.

Al respecto, Vibrans (2011), en diversos talleres de identificación de malezas de México, da la razón al compartir cifras destacadas sobre las principales familias presentes en el país, siendo así que las asteráceas cuentan con 523 taxa, las poáceas con 333 taxa, las malváceas con 51 taxa y las solanáceas con 91 taxa. Estos valores reportados por este autor reflejan el alcance que tienen estas familias y lo que representan en el país.

En otro estudio realizado en Cuba, se puede apreciar igualmente la importancia de las familias de maleza que se mencionan, por lo que López (2009), en su trabajo “Malezas asociadas a plantas ornamentales”, encontró que las familias de mayor importancia fueron: Poaceae, Asteraceae y Malvaceae, en este orden es que las clasificó y no descartando a Solanaceae, pero dejándola en un puesto menor en cuanto a importancia.

Las 16 especies de maleza que fueron evaluadas en germinación fueron:

Solanaceae: *Datura stramonium* L., toloache común

Phisalis philadelphica Lam. tomatillo

Phisalis sp. L.

Solanum nigrescens Mart. & Gal. Mora (Chichiquélit

Poaceae: *Panicum maximum* Jacq (Zacate guinea)
Poa annua L. (Zacate azul, pasto de invierno)
Bromus catharticus Vahl (Pipil, bromo, cebadilla)
Eragrostis mexicana Hornem. Link (Zacate casamiento, amor seco)

...

Asteraceae:

Sonchus oleraceus L. (Lechuguilla común)
Bidens pilosa L. (Amor seco, cadillo)
Verbesina encelioides Cav. Benth & Hook. F. ex A. Gray (Hierba de la
bruja)
Taraxacum officinale G.H. Weber ex Wigg (Diente de león)
Simsia amplexicaulis Cav. Pers. (Acahualillo)

...

Malvaceae: *Urocarpidium limens* L. Krapov

Malva parviflora L. (Quesitos, quesillos, malva de quesitos)
Anoda cristata L. Schltld (Alache)

De las 16 especies sometidas bajo tratamiento para promover germinación con GAs y agua, se encontró que nueve especies (*P. máximo*, *B. catharticus*, *D. stramonium*, *U. limens*, *S. amplexicaulis*, *V. encelioides*, *T. officinale*, *Phisalis sp.*, *S. nigrescens*.) no presentaron germinación, esto probablemente debido a varios factores intrínsecos propios de las especies y características de las semillas, el primero es que pudo haber sido que la semilla ya no estuviera viable, otro es por la morfología y fisiología de éstas e incluso a las condiciones de almacenamiento en las que han estado sometidas en el laboratorio. Por otro lado, siete especies presentaron potencial germinativo, tres de ellas menor a 30% (*M. parviflora*, *A. cristata*, *P. philadelphica*) y las otras cuatro con germinación superior al 80% (*P. annua*, *E. mexicana*, *B. pilosa*, *S. oleraceus*) (Figura 12). Aunque se estudiaron especies importantes económicamente hablando, no todas pudieron germinar y el número de especies destacadas o como posibles prototipos para ser utilizados en

futuros trabajos con pruebas de germinación se reduce a solo cuatro, perteneciendo a las familias de Poaceae y Asteraceae.

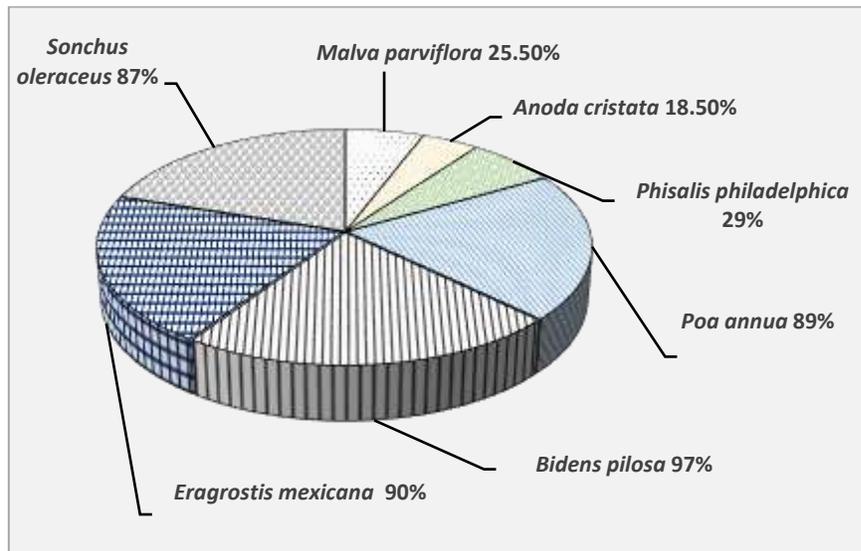


Figura 13. Especies de maleza con mayor porcentaje de germinación, con giberelinas (GAs).

De acuerdo con Ronco *et al.* (2011) establecen que la ausencia de germinación en el caso de algunas familias de plantas, incluidas Liliaceae, Solanaceae y Malvaceae, se debe en diversas ocasiones a los tegumentos y más aún, a las coberturas impermeables que tienen presencia de ceras, suberina, mucílagos y sustancias grasas, entre otras.

Por otra parte, Peinado *et al.* (2017), en un experimento realizado en condiciones de laboratorio con 23 especies vegetales, encontraron que los mayores porcentajes de germinación pertenecían a las familias Poaceae (96.33%), Papaveraceae (50%) y Asteraceae (48.5%). Por lo anterior, se puede justificar el desempeño y el potencial germinativo que tuvieron las especies de las familias de poáceas y asteráceas en este experimento.

4.2. Análisis de Varianza en Pruebas de Germinación para Semilla de Maleza

El ANOVA se realizó, tanto para los datos obtenidos de las 16 especies de maleza como para las cuatro especies que presentaron mayor porcentaje de germinación superior al 80%, por lo que se encontró que existen diferencias significativas entre especie, tratamiento y repeticiones para todos los análisis realizados (Cuadro 1). Con lo que se puede decir que, en al menos una repetición, de al menos un tratamiento y una especie la respuesta que hubo fue diferencial, con una confiabilidad del 90 al 95%.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de semillas de 16 especies de maleza y de las 4 especies con mayor porcentaje de germinación (>80%)

FV	gl	Germinación (%)	Días a germinación	gl	Germinación (%)	Días a germinación
Especies de maleza	15	6.263 ^{***}	16.874 ^{***}	3	0.003 [*]	1.474 ^{***}
Tratamientos	1	0.044 ^{NS}	1.007 ^{***}	1	0.004 [*]	0.927 ^{***}
Repeticiones	3	0.016 ^{NS}	0.000 ^{NS}	3	0.005 [*]	0.000 ^{NS}
Error	108	0.066	1.168	24	0.001	0.003
Total corregido	127			31		
Coeficiente de determinación (R ²)		0.969	0.987		0.472	0.984
Coeficiente de variación (%)		22.567%	14.598		1.95	2.726
Media		27.82	3.37		90.75	5.0

gl: grados de libertad del error; ^{***}: diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$); ^{*}: diferencias significativas ($\alpha \leq 0.10$); ^{NS}: diferencias no significativas.

Con el análisis de varianza, no es posible determinar cuáles son específicamente las especies o tratamientos diferentes, para ello se requiere de realizar las comparaciones de medias, es necesario mencionar que el porcentaje de germinación obtenido en promedio para las 16 especies fue de 27.82% y al analizar las cuatro especies con mayor porcentaje de germinación que en promedio tuvieron

90.75%, el incremento fue de un 62.93%, esto realza la importancia de determinar este parámetro en estudios de semillas de maleza, con la finalidad de ser empleadas como probables prototipos en estudios de laboratorio. En el caso de los días a germinación se entiende que a mayor tiempo se tienen mayor probabilidad de que haya más germinación en las semillas y que esta se establezca, en este caso los porcentajes de germinación más altos se presentaron en promedio a los cinco días después de establecer las pruebas (Cuadro 1).

En este sentido, Mayo-Mendoza *et al.* (2018) dan la razón en cuanto al desempeño de las malezas de las familias que se estudiaron. En su estudio realizado en Jalisco, México, su objetivo fue analizar la tasa germinación y de crecimiento de especies de maleza para usarlas como restauradoras de la degradación de los bosques. Entre las familias estudiadas se encuentran Asteraceae, Poaceae, Malvaceae y Fabaceae, que registraron la capacidad regenerativa o establecimiento en campo más alto por el potencial germinativo y el crecimiento acelerado de este tipo de plantas. Por tal motivo, la capacidad de germinación de una semilla, favorece el potencial de crecimiento de estas, condición de importancia en las evaluaciones de nuestra investigación.

4.3. Comparación de las Medias para Porcentaje de Germinación en Semillas de Maleza

En el análisis de los datos obtenidos en el experimento, se pudo apreciar el comportamiento de los tratamientos sobre la germinación de las semillas de maleza y los días transcurridos para alcanzar el máximo valor de ésta. Estadísticamente hablando, no hubo diferencias en la variable porcentaje de germinación ni para las 16 especies como para las cuatro especies potenciales, caso contrario a lo que se apreció en la variable de número de días, que para los dos casos (16 y 4, especies) si se apreciaron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, al analizar los valores se obtuvo una clara diferencia entre las semillas que fueron tratadas con agua y las que fueron tratadas con giberelinas (Cuadro 2), con una tendencia de mayor

porcentaje de germinación en los tratamientos con giberelinas, aunque se llevará más días en alcanzar el máximo valor. En este sentido, las GAs, son de gran importancia en el proceso germinativo de semillas de maleza, por lo que pueden ser usadas en tratamientos pregerminativos, para acelerar el proceso de germinación de éstas, según lo que se expresa con estos resultados.

Cuadro 2. Comparación de medias en variables obtenidas al evaluar la germinación en 16 especies de semillas de maleza, con giberelinas y agua.

Tratamiento	Porcentaje de germinación en 16 especies	Porcentaje de germinación en 4 especies (potenciales)	Días a máxima germinación en 16 especies	Días a máxima germinación en 4 especies
Giberelinas	28.50 a	93.25 a	3.87 a	5.75 a
Agua	26.00 a	88.25 a	2.87 b	4.25 b

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$)

Mencionan Jordán y Casaretto (2006), que las fitohormonas causan distintos efectos sobre las plantas, en los distintos órganos y en distintos niveles fisiológicos, siendo las semillas y la germinación uno de los más importantes. Las giberelinas participan en la movilización de reservas en semillas al inicio de la germinación, lo que facilita y permite que esta se lleve a cabo, también mencionan que las giberelinas trabajan activando enzimas necesarias para sacar a algunas semillas que se encuentran estado de dormancia con mayor rapidez.

De acuerdo con Ortega *et al.* (2013), en su experimento donde evaluaron las giberelinas a distintas concentraciones sobre el cultivo de tomate, obtienen resultados que sostienen las afirmaciones anteriores, también dicen que varias concentraciones presentaron efectos significativos en la dinámica del crecimiento de las plántulas de tomate. Con esto podemos despejar dudas sobre el efecto positivo que tienen las giberelinas sobre las semillas, la germinación y las plantas en general.

4.4. Comparación de Medias entre Especies de Maleza

De acuerdo con la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0.05$), para el experimento sobre la germinación de las semillas de maleza para las cuatro especies con mayor valor, se encontraron diferencias entre estas, para la variable de porcentaje de germinación (Cuadro 3); éstas diferencias se obtuvieron entre dos especies: *Bidens pilosa* y *Sonchus oleraceus* ambas de la familia Asteraceae la primera con el mayor porcentaje de germinación (97%) y la segunda con el menor (87%); las otras dos especies pertenecientes a la familia de las Poaceae que fueron: *Poa annua* y *Eragrostis mexicana*, presentaron valores similares en cuanto a la germinación y cabe resaltar que estas especies obtuvieron los valores intermedios en el porcentaje de germinación (89 y 90%, respectivamente). En el caso de la variable número de días en el que se alcanzó la germinación total por especie, las diferencias fueron muy marcadas, por lo que esto explica las características intrínsecas de cada especie y sus requerimientos específicos para germinar.

Cuadro 3. Comparación de medias del porcentaje de germinación y días a germinación, para las especies de maleza con mayor potencial germinativo.

Espece	Porcentaje de germinación (%)	Días a germinación
1. <i>Poa annua</i>	89 ab	4.5 b
2. <i>Eragrostis mexicana</i>	90 ab	3.5 d
3. <i>Bidens pilosa</i>	97 a	4.0 c
4. <i>Sonchus oleraceus</i>	87 b	8.0 a

En un experimento llevado a cabo en México, Carrillo *et al.* (2009), estudiaron y compararon la germinación de semillas de tres especies de *Eragrostis* spp.; la intención principal fue la de comparar el comportamiento de la germinación de especies exóticas contra especies nativas, en el estudio se consideró esterilización de las semillas y la del suelo donde serían probadas; los resultados arrojaron un comportamiento positivo para las especies de *Eragrostis* spp. que fueron sanitizadas en laboratorio, pero hubo inhibición de germinación en las que fueron

puestas en el suelo tratado. Con este estudio se puede deducir que la influencia del manejo dentro del laboratorio puede potencializar el efecto en el porcentaje de germinación.

Abril *et al.* (2017) realizaron un experimento en el que germinan y someten algunas especies de semillas, entre ellas algunas especies de la familia Asteraceae, a varios tratamientos pre-germinativos y a técnicas de esterilización, obtuvieron resultados positivos en la germinación, con altos porcentajes. Acciones como el lijar las semillas de testas duras o sumergir las semillas en soluciones esterilizantes ayudan en la germinación. Así que se puede dar crédito a que en este caso los tratamientos y pre-tratamientos pudieron potenciar la germinación de las especies con que se trabajaron, aunque es cierto que no todas las especies germinaron como se esperaba.

4.5. Análisis Estadístico con Base en la Pruebas con Extractos Vegetales

Para determinar la concentración óptima de extractos vegetales de muérdago y gobernadora en la inhibición de germinación de semillas de maleza de especies prototipo, se procedió a establecer bioensayos para abrir una ventana biológica, sin embargo, con fines experimentales, se utilizó semilla de maíz para esta prueba y no desperdiciar semilla de la Colección de Referencia de Malezas, ya que esta aún no se ha incrementado y solo se tenía la disponible para las pruebas finales.

En este sentido y con base en el párrafo anterior se procedió a evaluar los efectos de los extractos vegetales con semilla de maíz en cinco tratamientos, que van de las dosis de 10,000, 8,000, 6,000, 5,000 y 0.0 ppm de dos extractos, muérdago y gobernadora, en este último para realizar la solución madre se empleó alcohol al 96%.

Dentro de los resultados obtenidos, cabe destacar que, en el extracto de gobernadora, no hubo germinación, se consideró que fue debido al uso del alcohol,

utilizado en la solución madre, y debido a que fue muy complicado manipular el extracto, se decidió descartarlo de las pruebas y solo se trabajó con el extracto de muérdago.

En el ANOVA que se obtuvo con las pruebas en muérdago se encontró que las variables de la longitud (Long 1 y 2) de las radículas de las plántulas de maíz tratadas no presentaron diferencias significativas (Cuadro 4). Sin embargo, a pesar de estos resultados se debe destacar la diferencia entre las medias, de forma descriptiva (expresadas en mm). Si bien la diferencia de tiempo de elongación entre Long 1 y Long 2 es de un par de días, la diferencia entre el crecimiento es bastante, con lo que podemos asegurar que en ese lapso de tiempo el efecto del extracto no se hizo presente y las semillas continuaron con su crecimiento normal, si se compara con el testigo.

Cuadro 4. Análisis de varianza donde se somete la variable longitud de radícula, en semillas de maíz, sometidas a extractos vegetales a base de muérdago.

FV	g/	Longitud (mm)	
		(Long 1)	(Long 2)
Tratamiento	4	10.957 ^{NS}	977.657 ^{NS}
Repeticiones	3	0.730 ^{NS}	168.108 ^{NS}
Error	12	6.28	630.70
Total corregido	19		
Coeficiente de determinación (R ²)		0.378	0.806
Coeficiente de variación (%)		16.19	8.12
Media		15.482	115.634

La media del porcentaje de germinación para estas pruebas fue de 97.2%, germinando casi totalmente. Debido a que no hubo diferencias significativas, ni en el porcentaje de germinación y todos fueron superiores al 95% y tampoco en la longitud de la radícula, no se presentan las comparaciones de medias de estos resultados,

El extracto vegetal de muérdago no fue efectivo para poder inhibir la germinación o retrasarla en esta etapa de la planta, en ninguna concentración, esto también pudo

deberse a que el extracto estuvo almacenado en refrigeración por casi dos años, periodo que duro la pandemia por COVID-19, y como aun así ya era mucho el atrasó para la realización de esta investigación, no se realizaron nuevos extractos y se decidió a utilizar los que ya se tenían preparados.

Con estos resultados se descartó a los dos extractos vegetales para la inhibición de la germinación y ya no se procedió a hacer las pruebas en las semillas de maleza que se determinado como prototipo o que no cuentan con problemas de latencia, como no hubo variación significativa entre los tratamientos, estas semillas se pueden utilizar sin aplicar tratamientos pregerminativos.

Bolívar *et al.*, (2009), en su experimento sobre germinación y crecimiento de plántulas de maíz, obtuvieron en todos sus lotes experimentales de laboratorio e invernadero, una germinación superior al 90%. Con esto podemos darnos cuenta del comportamiento y potencial de la semilla de maíz y de la nula actividad del extracto vegetal sobre este; el extracto de gobernadora, pudiera ser potencial en la inhibición de semilla, se requiere establecer los protocolos idóneos de dilución del extracto ya que contiene muchas resinas que dificultan su manejo.

Aunque, por otro lado, los efectos de los extractos vegetales no se limitan a actuar impidiendo el desarrollo o afectando las funciones de las plantas, sino que también ayudan a estas y potencian los procesos vitales de las mismas. Tal como mencionan Celis *et al.* (2009), en su revisión sobre el uso de extractos vegetales, encontraron en un experimento realizado con lavados foliares provenientes de *Echinochloa colona*, efectos positivos y estimulatorios para *Lycopersicum esculentum* y *Allium cepa*, promoviendo la longitud y crecimiento radical. Con esto podríamos formular una nueva teoría acerca del extracto de muérdago y de su efecto positivo como promotor de crecimiento. las semillas presentaron una germinación homogénea y las plántulas un crecimiento de la radícula muy vigoroso; por lo que este caso y siendo la inhibición de la germinación el tema principal, se descarta su efecto como inhibidor.

De acuerdo con el CONACYT (2022), los compuestos formados a partir de extractos vegetales tienen actividades inhibitoras específicas contra el crecimiento de las arvenses. Esto se debe a la existencia de receptores específicos en las arvenses que reconocen y reaccionan a los compuestos. Sin embargo, Giardini *et al.* (2018), en su trabajo sobre alelopatía, hablan sobre la variedad de efectos que ejercen los aleloquímicos y metabolitos secundarios sobre las demás especies de plantas; están de acuerdo en que los organismos son distintos y responden de manera distinta a los estímulos que puedan presentarse. También nos presentan una lista con distintos casos de distintas especies de plantas que fueron estudiadas con extractos de otras plantas, las cuales respondieron de manera positiva o negativa. Con lo cual, no siempre se pueden obtener resultados positivos, pero para despejar cualquier duda, es necesario recurrir a realizar pruebas y experimentos que confirmen o rechacen el supuesto.

V. CONCLUSIONES

Se seleccionaron 16 especies de maleza de importancia agronómica y económica, pertenecientes a cuatro familias taxonómicas (Poaceae, Asteraceae, Solanaceae y Malvaceae).

Solo cuatro especies de semillas de maleza (*Poa annua*, *Eragrostis mexicana*, *Bidens pilosa* y *Sonchus oleraceus*) presentaron más del 90% de potencial germinativo, con tratamiento pregerminativo (GAs) y agua, las cuales pueden ser candidatas como prototipos para investigación básica.

Los extractos vegetales de gobernadora y muérdago, no cumplieron con las características para determinar los efectos en la inhibición de la germinación, el manejo del primero fue dificultoso y no hubo resultados y en el caso del segundo, no inhibió la germinación, pero se puede estudiar como un promotor de la germinación.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, B. (2021). Plantas con semilla: clasificación y ejemplos. *Ecología verde*.
<https://www.ecologiaverde.com/plantas-con-semilla-clasificacion-y-ejemplos-3180.html>
- Abril, R., Ruiz, T., Alonso, J., & Cabrera, G. (2017). Germinación, diámetro de semillas y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3): 703-717.
- Agrospray. (2022). Control de malezas: tips y los mejores productos para un combate eficiente. <https://agrospray.com.ar/blog/control-de-malezas/>
- Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, J. y Sánchez M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Artículo de revisión. 17 (32). 109-129.
- Azcón B., J. & Talón, M. (2013). *Fundamentos de la Fisiología Vegetal*. Ediciones de la UB. Segunda edición. Barcelona. España. pp 3 y 4.
- Bioenciclopedia. (2015). Plantas espermatofitas, características. BioEnciclopedia.
<https://www.bioenciclopedia.com/espermatofitas/>. 28-agosto-2022.
- Blanco V., Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27(3): 5-16.
- Blanco V., Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4): 34-56.
- Bolívar, C., Méndez, J., & Otahola, V. (2009). Germinación y el crecimiento de plántulas de maíz en laboratorio, invernadero y campo. *Revista agraria tropical*, 36: 23-33.
https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/78548/vol36_p23Bolivar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., & Alvarado-Huamán, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2): 150-164.
- Carrillo, S., Arredondo, J., Sannwald, E., & Flores, J. (2009). Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas

- y exóticas del pastizal semiárido. *IPICYT*.
<http://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1010/1141>
- Celis, A., Mendoza, F., & Pachón, M. (2009). Revisión: uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas agrarios*, 14:15-16.
- CONACYT. (2022). Manejo ecológico integral de arvenses en México. Gaceta informativa. No. 19. https://conacyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/MEIA_19_Bioherbidas.pdf.
- CIMMYT. (2021). La importancia de conocer las malezas. Américas, Estado de México. <https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-conocer-las-malezas/#:~:text=Las%20malezas%20pueden%20afectar%20hasta,a%20reducir%20tiempo%20y%20esfuerzo.>
- Díaz M., D. (2017). Las hormonas vegetales en las plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 88. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Domínguez, S. (2018). Malezas de la familia Solanaceae, especies de importancia económica.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45252>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1): 00-00.
- FAO. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. Roma, 1996.
<https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s00.htm#Contents>
- Fagro. (2018). Uso de extractos vegetales en el sector agrícola. El blog de fagro.
<https://blogdefagro.com/2018/02/28/extractos-vegetales/>
- Fichet, L. T. (2017). Biosíntesis de las fitohormonas y modo de acción de los reguladores de crecimiento. Serie Nutrición Vegetal Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.
- Giardini, F., Torres, G., De Oliveira, J., Aparecida, D., Solano, J & Souza, N. (2018). Aleopatía: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. *Revista centro agrícola*, 45(1): 78-87

- González, A. & Arbo, M. (2020). Unidades de diseminación. Botánica morfológica: Morfología de plantas vasculares. UNNE. Facultad de ciencias agrarias. Corrientes. Argentina.
- Guardia, R. (2013). La dispersión de las semillas. *Investigación y Ciencia*, 446. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/alimentacion-587/la-dispersin-de-las-semillas-11531>.
- Guzmán, M. & Martínez, M. (2019). Las malezas, plantas incomprendidas. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 68-76. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1025515>.
- ISTA. 2016. Reglas internacionales para el análisis de las semillas 2016. Introducción a las reglas del ISTA. Cap. 1-7,9. ISSN 2310-3655. https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf
- Jiménez, P. Auxinas, giberelinas y citocininas en el desarrollo y diferenciación inicial de la planta. *Revista de riego*. Issuu. #105. <https://issuu.com/revistaderiego/docs/web-105/s/10662217>
- Jordán, M. & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. En: Squeo, F, A., & Cardemil, L.(eds.). *Fisiología Vegetal*, 1-28.
- Leguizamon, E. 2000. Las malezas y el agroecosistema. Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.R. Zavalla. Santa Fe. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/90-malezas_y_agroecosistema.pdf
- Leyva, A. & Blanco, Y. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*, 28(2): 21-28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217731003>
- López, J., Ruiz, N., Lira, S., Reyes, I. y Méndez B. 2016. Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n,%20Vigor%20y%20C>

alidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20
Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf

- López M., N. (2009). Malezas asociadas a plantas ornamentales. *Fitosanidad*, 13(4): 233-236. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000400002&lng=es&tlng=es.
- López-Valdez, A. P., Ramírez-Hernández, E. A., Rocha-Estrada, A., Guzmán-Lucio, M. A., & Alvarado-Vázquez, M. A. (2014). Cuando las semillas duermen: la latencia. *James Hinton*, 9(18): 18.
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y Germinación de las Semillas. Fundamentos de fisiología vegetal. <https://docplayer.es/42699790-Desarrollo-y-germinacion-de-las-semillas.html>.
- Mayo-Mendoza, M., Romo-Campos, R. L., & Medina-Fernández, P. (2018). Tasa relativa de crecimiento de herbáceas con potencial de restauración en suelos degradados del bosque La Primavera, Jalisco, México. *Acta Universitaria*, 28(2): 58-66. doi: 10.15174/ au.2018.1930
- Megías, M., Molist, P. & Pombal, M. A. (2019). Atlas de histología vegetal y animal. Órganos vegetales. Recuperado el 13 de agosto del 2022 de: http://mmegias.webs.uvigo.es/2-organos-v/guiada_o_v_inicio.php
- Melgarejo, L. M., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D., ... & Pérez, W. (2010). Experimentos en fisiología vegetal. Departamento de Biología. ISBN: 978-958-719-668-9. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia
- Murillo, L. (2017). Fitohormonas: reguladores de crecimiento y bioestimulantes. Disponible en <http://www.redagricola.com/cl/fitohormonas-reguladores-decrecimiento-y-bioestimulantes/>.
- Ortega, L. D., Ocampo, J., Martínez, C., Pérez, A., & Sánchez, J. (2013). Efecto de las giberelinas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de tomate. *Revista de ciencias biológicas y de la salud. Biotecnia*, XV(3).
- Papa, J. C. (2018). Introducción al manejo integrado de malezas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://inta.gob.ar/documentos/introduccion-al-manejo-integrado-de-malezas>

- Peinado, L., Colmenero G., S., Fuentes A., G. & Cordero J., A. T. (2017). Ensayo en cámara de germinación de especies arvenses de la flora del olivar: un primer paso hacia la selección de aquellas con interés en la restauración de cubiertas herbáceas en el cultivo. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 293: 166-167.
- Perea, R. (2012). Dispersión y predación de semillas por la fauna: implicaciones en la regeneración forestal de bosques templados. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Ecosistemas* 21(1-2): 224-229.
- Pérez, T. (2017). Alelopatía, la defensa de las plantas. Grupo Borau. <https://borauhermanos.com/alelopatia-la-defensa-de-las-plantas/>
- Perissé, P. (2002). Semillas: un Punto de Vista Agronómico. Primera edición. Córdoba, Argentina. <http://www.cyta.com.ar/semilla/ediciones.htm>
- Pita J., M. & Pérez, F. (1998). Germinación de semillas. Hojas divulgadoras. Número 2090. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Proain. 2021. La germinación y la prueba de vigor, dos parámetros esenciales en la calidad de la semilla. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/prueba-de-vigor-y-germinacion-como-parametros-en-la-calidad-de-las-semillas>
- Rodríguez, E. (2020). Malezas: concepto, origen, evolución y efectos. <https://www.quifuca.com/ve/2020/09/13/malezas-concepto-origen-evolucion-y-efectos/>.
- Ronco, M., Beltrano, J. & Giménez, D. (2011). Cátedra de fisiología vegetal. Fisiología de la germinación. Universidad Nacional de la Plata. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/104169/mod_resource/content/2/germinaci%C3%B3n.pdf.
- Rosabal A., L., Martínez G., L., Reyes G., Y., Dell'Amico R., J., & Núñez V., M. (2014). Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales*, 35(3): 24-35.
- SADER. (2021). Elaboración de extractos vegetales. Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. Estrategia de acompañamiento técnico. 32 p.

- Schonbeck, M. (2022). Una aproximación ecológica a las malezas. Virginia Association for Biological Farming. <https://eorganic.org/node/35265>
- SENASICA. (2020). Malezas reglamentadas. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/malezas-reglamentadas-110914#:~:text=L%2C%20Silybum%20marianum%2C%20Urochloa%20panicoides,Cuscuta%20campestris%2C%20y%20Emex%20australis.>
- Solano, K. 2020. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad de ciencias agrarias. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5819/1/UPSE-TIA-2021-0021.pdf>
- UPRM. 2018. Germinación de semillas. Biología organismal vegetal. [Updm.edu/labs3417/wp-content/uploads/sites/176/2018/18/germinación-de-semillas-1.pdf](http://uprm.edu/labs3417/wp-content/uploads/sites/176/2018/18/germinación-de-semillas-1.pdf)
- Varela, S. & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. INTA. Grupo de ecología forestal. Cuadernillo N° 3.
- Vázquez, Y., Orozco, C.; Rojas, A.; Sánchez, M. & Cervantes, V. (s/f.). La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. ILCE. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>
- Vibrans, H. (2011). Taller de identificación de Malezas. *Manejo de Malezas en México*, 1: 293-308.
- Wilkin, D., & Brainard, J. (2022). Conceptos Biología. <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-biologia/section/9.9/primary/lesson/plantas-con-semilla/>
- Willis, C. G.; Baskin, C. C., Baskin, J., Auld, J. R., Venable, D. L., Cavender-Bares, J., Donohue, K., Rubio de Casas, R. & the NESCent Germination Working Group. (2014). Seed dormancy and diversification: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*, 203: 300-309.