

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Germinación de Semillas de Maleza Asociada al Cultivo de Algodón, Producido en la Región de la Laguna, Coahuila.

Por:

EDUARDO ABRAHAM CASTAÑEDA MICHACA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Germinación de Semillas de Maleza Asociada al Cultivo de Algodón, Producido en
la Región de la Laguna, Coahuila.

Por:

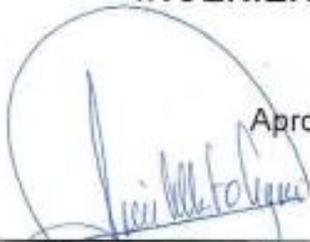
EDUARDO ABRAHAM CASTAÑEDA MICHACA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Asesor Principal Interno



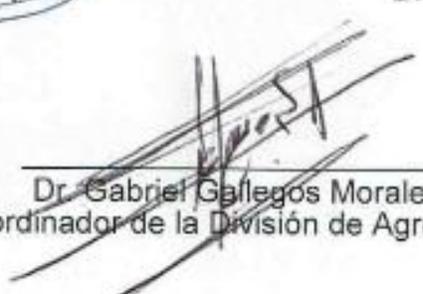
Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dr. Alonso Méndez López
Coasesor



Dr. Agustín Hernández Juárez
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2019



DEDICATORIA

A mi madre Martina Michaca Pérez, por el simple hecho de haberme dado la vida, apoyarme siempre durante toda mi estancia fuera de casa, por confiar siempre en mí y darme todo lo que estuvo en sus manos para poder lograr esta etapa.

A mi padre Juan Castañeda Campos, por enseñarme a tener la disciplina de lograr lo que me proponga, por apoyarme hasta el último día de su vida, dándome siempre lo mejor como padre, y por permitirme llegar hasta donde me encuentro hoy. Te amo papa.

A ustedes queridos padres les estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos Emanuel, Ángel y Mateo que siempre estuvieron al pendiente de mí y me reciben en casa siempre llenos de alegría, ustedes son mi mayor motivación para poder lograr esta etapa y seguir adelante dándoles lo mejor de mí siempre.

A usted, tío Humberto por enseñarme lo mucho que sabe de la vida, por todos sus consejos, regaños y apoyo incondicional, por ser como un padre para mí, muchas gracias por su apoyo incondicional.

A usted, Tía Rosalba por querer siempre lo mejor para mí y enseñarme que no se necesita de tanto para ser feliz, muchas gracias por apoyarme y estar para mí siempre.

A Juan Carlos, por apoyarme y estar en los momentos más difíciles de mi vida, por decirme que lo que me proponga lo lograre, por estar siempre ayudándome en lo que está en tus manos, infinitas gracias.

A cada una de mis amistades y familiares que creyeron en mí y siempre me apoyaron hasta el último día de la carrera, los quiero mucho a todos.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por otorgarme la vida, darme salud y la sabiduría para salir adelante, a mi familia, porque sin ellos nada de esto sería posible, gracias porque jamás me soltaron ni en mis momentos más difíciles, por todo el cariño que todos me tienen, su apoyo me ayudo a salir adelante. Ustedes fueron mi inspiración para poder concluir esta etapa en mi vida.

A la Dra. Miriam Sánchez Vega por estar siempre al pendiente, demostrando que tiene un gran corazón, acompañándome desde que llego a la Universidad, enseñándonos lo mucho que sabe y apoyando este proyecto que junto a ella no hubiera podido culminar. Por ser más que una gran doctora, una amiga e incluso una gran madre.

Al Dr. Alonso por apoyar mi proyecto de tesis, por ser un gran maestro y estar siempre al pendiente de nosotros, los alumnos.

A los dos de antemano muchas gracias, siempre estaré agradecido con ustedes. Que Dios los bendiga.

A mi Alma Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Departamento de Parasitología por la oportunidad y por la formación profesional e integral que me brindaron.

A cada uno de mis profesores que me aportaron de sus conocimientos lo cual fue parte fundamental de mi educación como estudiante y gracias a ello he cumplido una meta importante en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Objetivo General.....	13
1.2. Objetivos Específicos.....	13
1.3. Hipótesis	13
II. REVISION DE LITERATURA	14
2.1. Definición de Maleza.....	14
2.2. Importancia de la Maleza	14
2.3. Daños que Ocasiona la Maleza	15
2.4. Métodos de Control de la Maleza	16
2.5. Biología y Ecología de la Maleza	17
2.5.1. Tipos de reproducción	17
2.5.2. Clasificación de las malezas.....	18
2.5.3. Mecanismo de supervivencia de la maleza	19
2.5.4. Producción de semillas.....	19
2.5.5. Longevidad de la semilla	19
2.5.6. Desarrollo y maduración de la semilla	20

2.5.7. Agresividad.....	20
2.5.8. Diseminación de las semillas.....	20
2.5.9. Germinación	21
2.5.10. Latencia de las semillas.....	24
2.6. Aspectos en el Estudio de Germinación de Semillas.....	26
2.6.1. Materiales y condiciones para las pruebas de germinación	27
2.6.2. Métodos para interrumpir la latencia fisiológica.....	29
2.6.3. Métodos para eliminar la dureza de la semilla.....	30
2.6.4. Métodos para remover sustancias inhibidoras	30
2.7. Estudios de Tratamientos Pregerminativos en Semillas.....	31
2.8. Maleza en el Cultivo del Algodón en la Comarca Lagunera	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Localización del Experimento	35
3.2. Muestreo e identificación de Maleza.....	35
3.3. Establecimiento de bioensayos con Tratamientos Pregerminativos	36
3.4. Especies de Maleza Estudiadas	37
3.5. Descripción de los Tratamientos.....	37
3.6. Condiciones de la Cámara Bioclimática.....	38
3.7. Variables Evaluadas	39
3.8. Análisis Estadístico.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Especies de Maleza en el Cultivo del Algodón	41
4.2. Análisis de los tratamientos pregerminativos.....	42
4.3. Comparación de Medias entre Tratamientos Pregerminativos	43

4.4. Comparación de Medias entre Especies de Maleza	47
4.5. Análisis de Correlación entre Variables	49
4.6. Velocidad de Germinación	50
V. CONCLUSIONES	53
VI. LITERATURA REVISADA	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Maleza colectada en el cultivo de algodón en el Rancho “El Rincón del Buitre” de la UAAAN en la región productora de la Laguna, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.....	41
Cuadro 2. Análisis de varianza de ocho variables obtenidas de la aplicación de distintos tratamientos pregerminativos en semillas de maleza colectadas en el cultivo de algodón en la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017.	43
Cuadro 3. Comparación de medias entre tratamientos pregerminativos para ocho variables consideradas en el estudio de semillas de seis especies de maleza colectadas en el cultivo de algodón, de la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017	44
Cuadro 4. Comparación de medias entre especies de maleza, para ocho variables consideradas en la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos en semillas, colectadas en el cultivo de algodón, de la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017.....	48
Cuadro 5. Análisis de correlación de Pearson (r) entre variables evaluadas en tratamientos pregerminativos aplicados a semillas de seis especies de maleza colectadas en el cultivo de algodón, de la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Proceso de germinación de una semilla, a) Fases; b) Morfología del desarrollo de los procesos de la germinación, relacionado con las fases de la germinación..... 23
- Figura 2.** Tendencia del proceso de germinación con las medias de las variables número de semillas germinadas en días (D3, D5, D8 y D15), para cada uno de los tratamientos (preefriamiento, GA₃ calor y KNO₃) y especies. 51
- Figura 3.** Tendencia del proceso de germinación con las medias de las variables número de semillas germinadas en días (D3, D5, D8 y D15), en el tratamiento en el que se aplicó solo agua (testigo), para todas las especies en estudio..... 52

RESUMEN

La maleza causa importantes impactos económicos, ambientales y sociales en un amplio rango de sistemas agrícolas, naturales y de uso urbano. El cultivo del algodón recibe una fuerte presión competitiva por especies vegetales que se comportan como maleza y que provienen del banco de propágulos almacenados en el perfil arable del suelo. En este estudio se identificaron las especies de maleza que interactúan con el cultivo de algodón en la región productora de La Laguna, en Coahuila, México; además se colectó semilla de dichas especies con el objetivo de evaluar tratamientos pregerminativos *in vitro* dirigidos a romper la latencia presente en la semilla de estas malezas: a) preenfriamiento; b) nitrato de potasio (KNO₃) al 0.2%; c) ácido giberélico (GA₃) a 500 ppm; d) aplicación de calor; y e) agua destilada sola, considerado como testigo. El tratamiento de ácido giberélico (AG₃) mostró resultados superiores de germinación con 32.33% con respecto a los demás tratamientos; sin embargo, el tratamiento al cual se aplicó calor fue diferente al resto, debido a que presentó el valor más bajo en las variables relacionadas a los días de germinación de las semillas y al porcentaje de germinación, con un 7.16%.

Se identificaron nueve especies de maleza que interactúan con el cultivo del algodón en Coahuila: *Amaranthus palmeri*, *Convolvulus arvensis*, *Hoffmanseggia glauca*, *Helianthus laciniatus*, *Ipomea purpurea*, *Trianthema portulacastrum*, *Solanum elaeagnifolium*, *Sorghum halepense* y *Verbesina encelioides*. De las cuales *I. purpurea* mostró respuesta sobresaliente a los tratamientos aplicados y presentó las medias más altas en todos los parámetros evaluados; mientras que *S. halepense* manifestó poca respuesta a los tratamientos aplicados y solo alcanzó un porcentaje de germinación del 3.80%.

Palabras clave: especies de maleza, dormancia en semillas, velocidad de germinación, tratamientos pregerminativos.

I. INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) tiene un gran impacto en la agroindustria. México en 2016, fue el décimo tercer productor mundial con un volumen de 487 914 toneladas y la producción de este cultivo satisface el 80% de los requerimientos nacionales. En el comercio mundial, las transacciones de fibra se han incrementado, especialmente en países como Estados Unidos, España y Arabia Saudita, que se ubican entre los diez principales importadores de este producto. Actualmente México cubre 0.74% del total de las importaciones de Estados Unidos. El cultivo del algodón va encaminado a la producción de fibra textil, donde la industria se divide en la producción de fibra y adicionalmente, se obtiene la semilla que se utiliza para la producción de aceite y para consumo forrajero (SAGARPA-SIAP, 2017).

El cultivo del algodón recibe una fuerte presión competitiva por especies vegetales que se comportan como maleza y que provienen del banco de propágulos almacenados en el perfil arable del suelo. Las labores mecánicas de preparación del suelo y las de escarda remueven una proporción de este banco que emite continuos flujos de germinación a través de todo el proceso productivo del cultivo (Rodríguez y Carnero, 1990).

La diversidad de plantas forma parte de la composición de especies de un ecosistema; sin embargo, cuando esta diversidad, se encuentra interaccionando en agroecosistemas, algunas de estas plantas que se presentan se consideran ajenas, pueden dominar el sitio y perjudicar al sistema productivo, según los objetivos del hombre son consideradas como maleza, y son muy comunes en sitios perturbados, pues se originan como una sucesión secundaria de la vegetación (Blanco, 2006). En situaciones agrícolas, la maleza, como producto de la alteración de la vegetación natural, son plantas indeseables y, posiblemente, constituyen el componente económico más importante del total del complejo de plagas. En México se reconocen actualmente 2 839 especies como malezas, las cuales pertenecen a 90 familias botánicas (Solís *et al.*, 2016).

La semilla de la mayor parte de las plantas, entre estas, las que son consideradas como maleza no germinan inmediatamente después de la maduración. En la madurez, las semillas entran en un estado de latencia de duración variada según la especie, esta latencia puede durar desde unas pocas semanas o meses a varios años (Varela y Arana, 2011). Las semillas de algunas especies germinan a continuación de un intervalo de almacenamiento seco o en la primavera siguiente, en tanto que otras especies germinan con irregularidad en un período de 2 a muchos años. Cuando la multiplicación de plantas es por semillas conviene abreviar este tiempo de latencia que es debido principalmente a dos causas: la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y la latencia interna del propio embrión (Varela y Arana, 2011). En algunas especies se da una sola causa, pero en muchas especies se presentan ambas. Para vencer el letargo se acude a procedimientos conocidos como tratamientos pregerminativos, tales como inmersión en ácido sulfúrico, inmersión en agua caliente próxima a hervir, inmersión en agua fría, aplicación de hormonas y nitrato de potasio, entre otros. Los tratamientos para vencer este letargo varían según la especie y el tipo de latencia (Varela y Arana, 2011).

En forma general, pocas veces antes de combatir a la maleza en un cultivo se realiza diagnóstico que facilite el entendimiento de este tipo de plaga, de la forma en la que surge y los factores que limitan su desarrollo, así como el empleo de una estrategia adecuada y eficaz para su manejo, por lo tanto, se requiere de estudios que favorezcan el entendimiento de los factores que involucran en el comportamiento de la maleza en cultivos de importancia económica como es el caso del algodón. Para ello, en la presente investigación se realizarán estudios concentrados en el entendimiento de factores relacionados a la germinación de semillas de maleza, con la finalidad de romper latencia, por medio de tratamientos pregerminativos, y de esta forma dar la pauta para concentrar información que pueda aplicarse en estudios posteriores, es importante recalcar que las especies en estudio, se han encontrado bajo fuerte presión de selección de herbicidas como el glifosato que se aplica de manera constante en el cultivo de algodón tolerante y/o resistente a herbicida.

1.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de diferentes métodos pregerminativos, con la finalidad de romper la latencia de semillas de maleza asociadas al cultivo de algodón genéticamente modificado (GM), provenientes del municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

1.2. Objetivos Específicos

- Categorizar e identificar a nivel familia y especie las malezas asociadas al cultivo del algodón GM en la región productora de La Laguna (San Pedro de las Colonias, Coahuila, México).
- Evaluar diferentes métodos pregerminativos, para romper latencia en semillas de malezas colectadas en la región de La Laguna con alta presión de selección a glifosato en el cultivo del algodón GM, bajo condiciones de laboratorio.

1.3. Hipótesis

Con el empleo de diferentes tipos de tratamientos pregerminativos aplicados a semillas de maleza asociada al cultivo de algodón, se espera que al menos una especie germinara, para poder atribuir que es un tratamiento pregerminativo óptimo que favorezca en la generación de información para futuras investigaciones.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la Maleza

Se define como maleza a las plantas que crecen donde no son deseadas. Son, por tanto, especies vegetales que afectan la estética de un parque, la navegabilidad de un río, la calidad de la dieta del ganado o la productividad de los cultivos (Pantoja *et al.*, 1997).

La maleza o malas hierbas se define como “planta que no se desea en un lugar y tiempo determinado” (Rojas y Vázquez, 1995).

El término maleza se conceptualiza como aquellas plantas que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor. En el contexto agroecológico, la maleza es el producto de la selección intraespecífica (coevolución) provocada por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, lo que condujo a alterar el suelo y el hábitat (FAO, 1996).

Maleza es un término genérico, que califica o agrupa aquellas plantas que, en un momento, un lugar dado y en un número determinado, resulta molesta, perjudicial o indeseable en los cultivos o en cualquier otra área o actividad realizada por el hombre (Aizpuru *et al.*, 1992).

Bajo estas definiciones de maleza, cualquier especie puede ser considerada maleza y grupos o familias de plantas casi completas podrían ser consideradas en esta categoría. De esta manera, el concepto de maleza, indica que son plantas que crecen fuera de su lugar original y que afecta los intereses y/o objetivos del hombre (Sánchez-Ken *et al.*, 2012).

2.2. Importancia de la Maleza

La maleza causa importantes impactos económicos, ambientales y sociales en un amplio rango de sistemas agrícolas, naturales y de uso urbano. La competencia

resulta o afecta generalmente el crecimiento y es considerada como una de las principales causantes de la disminución del rendimiento en la agricultura, debido a que compiten por agua, luz solar, nutrientes y bióxido de carbono e incluso llegan a liberar sustancias tóxicas que perjudican a otros organismos. Además, son albergue de insectos plaga, fitopatógenos, así como de roedores y algunos reptiles y coloniza exitosamente sitios perturbados, dificultan y contaminan las cosechas (FAO, 2005).

Las pérdidas anuales causadas por la maleza en la agricultura de los países en desarrollo han sido estimadas en aproximadamente 125 millones de toneladas de alimentos, cantidad suficiente para alimentar 250 millones de personas. Esta se determina por los daños que causa directa o indirectamente en la agricultura (Grube *et al.*, 2011).

2.3. Daños que Ocasiona la Maleza

Las malezas representan un problema recurrente en la mayoría de los espacios cultivables y al igual que los cultivos son resultado de una selección involuntaria del hombre, pasando por un proceso coevolutivo, pues hoy en día se tienen especies que predominan sobre los cultivos y causan pérdidas económicas totales (Guglielmini *et al.*, 2007). A nivel mundial existen alrededor de ocho mil especies de malezas; de los daños causados por plagas en la agricultura las malezas ocasionan el 13% de pérdidas. Entre los problemas que causan están la competencia por luz y nutrientes con el cultivo, además de que son hospederas de plagas y enfermedades, liberan compuestos tóxicos para evitar el crecimiento de otras plantas (alelopatía) y causan dificultades al momento de la cosecha, así como contaminación (INTAGRI, 2017).

Dentro de los sistemas agropecuarios y forestales, la maleza es uno de los factores bióticos que al no manejarse adecuadamente puede causar hasta 100% de reducción en los rendimientos de los cultivos (Mónaco *et al.*, 2002).

2.4. Métodos de Control de la Maleza

Existen varios métodos para el control de las malezas o para reducir su infestación a un determinado nivel, entre estos se mencionan al método preventivo, físico, cultural, biológico, legal, químico y la integración de estos.

Métodos preventivos: la prevención es un componente muy importante del manejo integrado de la maleza (MIM). El uso de semilla certificada libre de malezas y la limpieza de maquinaria son prácticas necesarias para evitar la proliferación de una mayor cantidad de semillas de malezas dentro de los terrenos agrícolas (INTAGRI, 2017).

Control manual: es la remoción de la maleza de forma manual que incluye los procedimientos de arranque, o uso de implementos manuales como la escarda con azadón, corte con machete u otras herramientas y labores de cultivo (INTAGRI, 2017).

Control mecánico: es la remoción de la maleza de forma mecánica con uso de implementos tirados por tractor y animales, a lo que se conoce como labranza (Labrada *et al.*, 1996).

Métodos físicos: incluye el uso de coberturas (acolchados plásticos o coberturas naturales), uso de fuego e inundación de terrenos (INTAGRI, 2017).

Métodos culturales: se refiere a la manipulación del cultivo y el ambiente y son todas aquellas prácticas de manejo en los sistemas agrícolas, que favorecen el desarrollo de las plantas de interés (cultivos) y afectan el desarrollo o establecimiento de otras (plantas nocivas), el objetivo es crear un ambiente que permita al cultivo interferir fuertemente con las malezas; algunas de las actividades utilizadas son la rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, fertilización, arreglos topológicos, manejo de agua, por citar algunos ejemplos (Labrada *et al.*, 1996).

Control biológico: a través del uso de enemigos naturales específicos para ciertas especies de malezas (Labrada *et al.*, 1996).

Control legal: consiste en las disposiciones obligatorias que da el gobierno con el objeto de impedir el ingreso al país de plagas o enfermedades, impedir o retardar su propagación o dispersión dentro del país, dificultar su proliferación, determinar su erradicación y limitar su desarrollo mediante la reglamentación de cultivos (Rojas y Vázquez, 1995).

Control químico: es la aplicación de herbicidas, siendo una manera rápida y efectiva para controlar las malezas; sin embargo, el uso continuo de estos productos puede contaminar el ambiente, causar resistencia a las malezas e intoxicaciones al humano (Pitty y Muñoz, 1991).

2.5. Biología y Ecología de la Maleza

La biología y ecología de las malezas se refiere a las cualidades intrínsecas de la planta, abarcando las fases de su desarrollo, tipos de crecimiento, hábito, hábitat, tipo de reproducción, etc., y la influencia que sobre cada uno de estos procesos tiene el ambiente. La herencia y el ambiente son los factores más importantes de la vida, la primera determina lo que será un futuro organismo y se logra controlando la forma de vida, potencial de crecimiento, método de reproducción, tiempo de vida y así sucesivamente; mientras que el segundo determina el punto en el cual se desarrolla el proceso de la vida (Klingman y Ashton, 1989).

2.5.1 Tipos de reproducción

Las malezas pueden reproducirse fundamentalmente mediante dos mecanismos diferentes, de forma sexual y asexual. La reproducción sexual es considerada como el proceso de reproducción más común en la mayoría de las plantas, por lo que en la maleza no se excluye, este mecanismo es donde se producen un gran número de semillas (botánicas) viables (fértil) dependiendo de la especie, tamaño de la planta y condiciones de crecimiento (Mazparrote y Delascio, 1998).

En la reproducción asexual o vegetativa natural (rizomas, estolones, tubérculos, bulbos, cormos, entre otros), algunas especies de maleza perenne herbácea como las plantas leñosas, poseen un alto grado de capacidad para reproducirse por esta vía. Algunas de las estructuras que hacen posible este tipo de reproducción son: la presencia de yemas (principalmente adventicias) que es una masa de células meristemáticas, ubicadas en el ápice de las ramas (terminales o distales) y a lo largo del eje caulinar (laterales o axilares) (Labrada *et al.*, 1996).

2.5.2. Clasificación de las malezas

Por su ciclo de vida (Virgüez y González, 1998):

- Anuales: viven sólo un año; durante el cual producen semillas (su único medio de propagación) y mueren.
- Bianuales: ciclo de vida de dos años; en el primer año el crecimiento es netamente vegetativo; en el segundo año florecen, producen semillas y mueren.
- Perennes: viven tres años o más; se reproducen por rizomas, estolones, raíces y semillas.

Por la consistencia del tallo (Virgüez y González, 1998):

- Herbáceas: malezas con tallos blandos, formado por tejido no leñosos (no lignificado).
- Semileñosas: las que tienen la base del tallo leñoso (material suberificado) y el resto no lignificado o herbáceo.
- Leñosas: incluyen especies con tallos lignificados en toda su longitud a excepción de las partes terminales de las ramas. Casi todas las malezas perennes pertenecen a este grupo siendo las más difíciles de controlar, cualquiera que sea el método por emplear

Por su hábitat (Virgüez y González, 1998):

- Terrestres: necesitan necesariamente del suelo como sustrato para poder atribuir las condiciones que le son propicias para su desarrollo

- Acuáticas: crecen en sitios con una lámina de agua permanente, dependiendo su persistencia de una humedad alta en el suelo, en alguna etapa de su desarrollo (crecimiento vegetativo).
- Epífitas: viven sobre otras plantas, pero no obtienen de ellas sus nutrientes.
- Parásitas: viven sobre o dentro de otras plantas, sustentándose de la planta parasitada y pueden ser parásitas de tallo o de raíces.

2.5.3. Mecanismo de supervivencia de la maleza

La maleza ha sido exitosa debido a ciertas características propias de estos tipos de plantas y que las catalogan como maleza, dichas características, aseguran la supervivencia y sobrevivencia de estas a través del tiempo y el espacio, y se resumen en aspectos como: la alta dispersión, alto potencial de colonización y de persistencia, hábil competidora y abundante y longevo banco de semillas, fácil de adaptación y plasticidad a las condiciones del medio (Leguizamón, 1996).

2.5.4. Producción de semillas

La producción de semillas es un mecanismo de supervivencia que presentan las plantas, el cual puede darse aún bajo condiciones limitadas o adversas, con la finalidad de que la planta asegure generaciones futuras; es decir, la maleza en este caso puede establecerse dentro de coberturas de follajes densos de plantas cultivables competitivas y dar lugar a la producción de progenies que aseguran futuras poblaciones (Virgüez y González, 1998).

2.5.5. Longevidad de la semilla

La vida de las semillas varía de unas cuantas semanas a varios años, dependiendo de las especies y de las condiciones ambientales, pero raramente es mayor de unas cuantas décadas. Las semillas de leguminosas se caracterizan por la persistencia de su viabilidad durante largo tiempo. En semillas del género

Mimosa, se ha encontrado viabilidad aún después de 50 años de almacenamiento (Labrada *et al.*, 1996).

2.5.6. Desarrollo y maduración de la semilla

En muchas especies de maleza, las semillas maduran aún después de haberse arrancado la planta del suelo, un ejemplo es la verdolaga (*Portulaca oleracea*) (Espinoza *et al.*, 1995).

2.5.7. Agresividad

La agresividad de una maleza se establece debido a que las poblaciones pueden llegar a ser muy numerosas, tienen una alta velocidad de crecimiento y gran desarrollo, alta capacidad competitiva (por su rusticidad y capacidad de adaptación a condiciones ambientales) (Espinoza *et al.*, 1995).

2.5.8. Diseminación de las semillas

Las semillas de las malezas pueden ser diseminadas por medios físicos (agentes de dispersión abiótica): agua y viento y agentes de dispersión bióticos o biológicos: el hombre y animales (Lindorf *et al.*, 1991).

Muchas semillas de malezas carentes de elementos especializados para su dispersión son transportadas por el agua de las corrientes naturales, canales de riego y drenajes, o por las inundaciones. Las semillas y frutos de algunas malezas pueden presentar formas aladas, con plumas, púas, espinas, ganchos, pelos o pelusas, que ayudan a su dispersión por el aire y/o a través de los animales. Otras sencillamente presentan dehiscencia explosiva, lo cual permite lanzar las semillas a distancias considerables de la planta madre (Virgüez y González, 1998).

Los animales silvestres como los domésticos ayudan a la dispersión de las malezas, cuando éstas son consumidas; las semillas pasan por el tracto digestivo de los animales sin perder su viabilidad, lo que las hace ser más propicias a la germinación por el efecto de los jugos gástricos (escarificación). El hombre es también un propagador de semillas de malezas, al transportarlas en sus ropas, en

cargamentos de semillas agrícolas, en el rastrojo, en los neumáticos del transporte automotor, en los implementos agrícolas, etc. (Virgüez y González, 1998).

2.5.9. Germinación

Se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1996).

Consta de varias etapas que se manifiestan al realizarse el cambio de un embrión en estado de reposo a un embrión metabólicamente activo, mediante un aumento de tamaño y emergiendo de la semilla. Para que una semilla germine debe contar con un ambiente favorable para tal proceso. Esto incluye un abastecimiento adecuado, pero no excesivo de agua, temperatura, composición proporcionada de gases (O_2/CO_2) en la atmósfera e iluminación, entre otros (Klingman y Ashton, 1989).

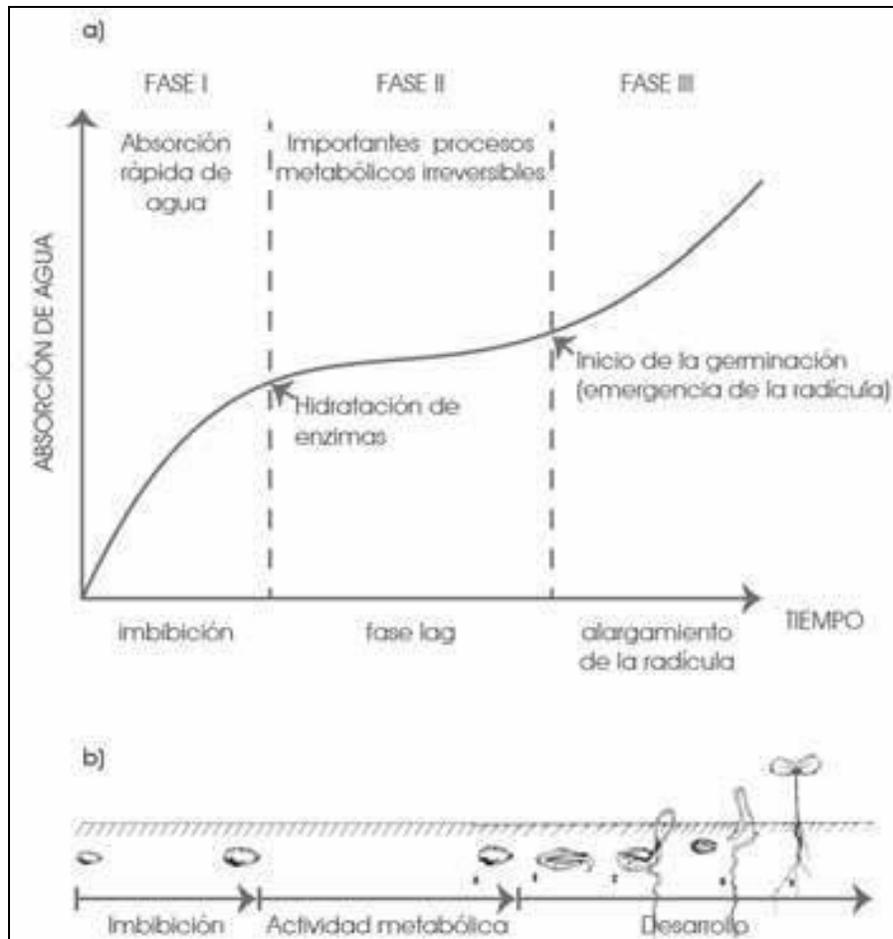
La germinación inicia con la toma de agua por la semilla seca (imbibición) y termina cuando una parte de ésta (eje embrionario en dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas y gimnospermas) atraviesa las estructuras envolventes que la rodean (emergencia) (Matilla, 2008).

El proceso de germinación de una semilla está mediado por mecanismos metabólicos y morfogénéticos y se lleva a cabo en tres fases: i) Incremento rápido en la absorción de agua por la semilla o imbibición, causa su hinchamiento y la ruptura final de la testa; ii) Fase de estabilización y movilización de nutrientes (o fase lag), es el inicio de la actividad enzimática y la activación del metabolismo, el proceso de respiración, síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva como la translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión; iii) Elongación del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa la emergencia de la radícula, por división celular y posteriormente la emergencia de la plúmula (Fig. 1) (Suárez y Melgarejo, 2010).

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

Fase II (reactivación metabólica): ocurre posterior a la imbibición causado por la rehidratación de las células secas que activan el crecimiento del embrión es un proceso bioquímico donde ocurre la reactivación enzimática, aumenta la respiración, síntesis de proteínas y síntesis hormonal en los cambios anatómicos mayor número de mitocondrias, crestas y ribosomas y comienza la respiración anaeróbica (Rosabal *et al.*, 2014).

Fase III (crecimiento): En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales. Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá. Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla (Villamil y García, 1998).



Fuente: https://www.researchgate.net/profile/Susana_Rodriguez7/publication/295573233/figure/fig26/AS:332135966756868@1456198793595/Figura-1-Fases-de-la-germinacion-a-Fase-I-la-absorcion-de-agua-por-imbibicion_W640.jpg

Figura 1. Proceso de germinación de una semilla, a) Fases; b) Morfología del desarrollo de los procesos de la germinación, relacionado con las fases de la germinación.

El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos están las características de la semilla, como son, tamaño, contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta seminal y toma de O₂, 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, la composición del sustrato del suelo, o el contenido de humedad (Suárez y Melgarejo, 2010).

2.5.10. Latencia de las semillas

El estado de dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para dicho proceso (Varela, y Arana, 2011).

La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula (Lobo *et al.*, 2007).

Existe un amplio rango de intensidades de latencia, que va desde la latencia absoluta, en la cual la germinación no se produce bajo ninguna condición, pasando por intensidades intermedias, donde las semillas pueden germinar en un rango de condiciones ambientales estrecho (por ejemplo, cuando se incuban a cierta temperatura), hasta el extremo donde no hay latencia, y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales. La latencia es un proceso dinámico donde su intensidad se encuentra influenciada por varios factores ambientales como la temperatura, la humedad y el ambiente gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación (Varela y Arana, 2011).

El uso de tratamientos pregerminativos, en semillas para cualquier objetivo son de gran relevancia si estas presentan algún tipo de dormición (Varela y Arana, 2011).

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas, con el año de cosecha y/o las condiciones ambientales presentes durante el crecimiento y desarrollo de las plantas y varía incluso dentro de un mismo lote de semillas, de manera que en condiciones naturales, la emergencia de las plántulas ocurre en un rango del espacio y el tiempo, es decir que puede variar según las condiciones intrínsecas de las semillas, lo que favorece el desarrollo de los nuevos individuos

en ambientes ligeramente distintos, contribuyendo así las posibilidades de regeneración y supervivencia de la especie (Willan, 1991).

Existen diferentes tipos de latencia en las semillas, los cuales son descritos a continuación (Willan, 1991; Matilla, 2008):

a) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena:

Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.

Latencia mecánica. En esta categoría las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente este factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.

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.

b) Latencia morfológica o endógena: Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, no se han desarrollado por completo el embrión o deben cubrir un proceso de maduración. El crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de esta categoría hay dos grupos (Willan, 1991; Matilla, 2008):

Embriones rudimentarios. Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un preembrión embebido en un endospermo, al momento de la maduración del fruto. También en el endospermo existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.

Embriones no desarrollados. 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. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

- c) Latencia interna: En muchas especies la latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. 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 que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo (Matilla, 2008).

Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitor.

Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante.

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 de germinar con normalidad.

- d) Latencia combinada morfofisiológica: Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores (Willan, 1991).
- e) Latencia combinada exógena–endógena: Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena (Willan, 1991).

2.6. Aspectos en el Estudio de Germinación de Semillas

Existen diferentes pruebas y parámetros para evaluar la germinación, así como la calidad de las semillas (Moreno, 1996).

Plántulas normales: son aquellas plántulas que poseen las estructuras esenciales para producir, en un suelo de buena calidad, plantas normales en condiciones

favorables de agua, luz y temperatura. En el caso de realizar evaluaciones de este parámetro, en experimentos con sustrato artificial, se consideran plántulas normales aquellas que presentan las siguientes estructuras esenciales (Chilo *et al.*, 2009):

- a) Sistema radicular bien desarrollado.
- b) Hipocótilo bien desarrollado e intacto y/o un epicótilo sin daño en el tejido conductor y en las dicotiledóneas una plúmula normal.
- c) Plúmula intacta en las gramíneas, que debe presentar una hoja verde bien desarrollada dentro o emergiendo del coleóptilo.
- d) Un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.
- e) Aquellas que estén invadidas por hongos o bacterias, siempre y cuando sea evidente que la fuente de infección no es la misma semilla, y que estén presentes las estructuras esenciales.

Semillas duras: son las semillas que pertenecen duras al final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua porque tienen una cubierta impermeable (Moreno, 1996).

Semillas latentes: se denominan así a las semillas viables que no germinan aun cuando estén bajo las condiciones óptimas, específicas relacionadas a cada especie (Rodríguez y Durán, 2008).

Semillas muertas: aquellas que no germinen y que no se les clasifique como latentes o semillas duras (Rodríguez y Durán, 2008).

2.6.1. Materiales y condiciones para las pruebas de germinación

La prueba de germinación se lleva acabo con muestra de semilla pura (semilla sin impurezas y madura). De la semilla pura, previamente homogenizada, se toman 400 semillas al azar en repeticiones de 100, 50 o 25 semillas, para evitar que se amontonen y se contaminen con microorganismos que puedan alterar los resultados. Las semillas se colocarán en un sustrato específico, el cual puede ser

seleccionado con base en la disponibilidad o la especie de estudio (Moreno, 1996).

Sustratos: en las pruebas de germinación, el sustrato tiene la función de proveer humedad adecuada y sostén a las semillas durante su germinación. Algunos son: papel secante, papel filtro, papel kimpack, toallas de papel, tela, algodón, arena y tierra (De la Cuadra, 1993).

- a) Sobre Papel (SP). Se ponen las semillas encima de una o más capas de papel; se colocan en cajas Petri, cajas de plástico o en charolas de las germinadoras.
- b) Entre Papel (EP). Las semillas se colocan entre hojas de papel ya sea en las charolas de germinadoras o dentro de cajas Petri u otro tipo de cajas de plástico, metal o vidrio.
- c) Papel Plegado (PP). Las semillas se colocan en papel plegado en forma de acordeón con 50 pliegues, usualmente se colocan dos semillas en cada pliegue. Se guardan en cajas o directamente en la cámara de germinación.
- d) En Cajas Petri (C). Con papel filtro o secante.

Humedad y aireación: el sustrato debe estar lo suficientemente húmedo como para suplir las necesidades de agua de las semillas. Con excepción de aquellas especies que requieren mucha humedad durante su germinación, el sustrato nunca debe estar tan húmedo porque se forman películas de agua alrededor de las semillas, y esto restringe una buena aireación. Para la mayoría de las semillas, el papel utilizado en las pruebas de germinación no debe de estar tan húmedo, que al presionar con el pulgar se forme una película de agua alrededor del dedo. La adición de agua después de establecida la prueba de germinación (riego), depende de la evaporación de esta en la cámara de germinación (Moreno, 1996).

Temperatura: los requerimientos de la temperatura para promover la germinación varían según la especie en estudio y la procedencia de dicha especie (Cordero y Oliveros, 1983).

Luz: cuando se prescribe luz para la germinación de una determinada semilla, de alguna especie en particular, esta podrá ser natural o artificial. Hay que tener en

consideración de que la intensidad sea uniforme y de no elevar la temperatura de la prueba con la aplicación de la luz (D' Agostino *et al.*, 2012).

2.6.2. Métodos para interrumpir la latencia fisiológica

La estratificación se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor (Donoso, 1993).

Almacenamiento en seco. Para especies con latencia de corta duración, con frecuencia es suficiente almacenar la muestra en un lugar por un corto período de tiempo, con las condiciones controladas de humedad y temperatura para evitar cambios fisiológicos en la semilla o problemas fitosanitarios (Renzi y Cantamutto, 2009).

Preenfriamiento. Se colocan las semillas en el sustrato húmedo estéril de preferencia y el indicado para la especie. Bajo esas condiciones se someten al periodo de enfriamiento. En algunos casos es necesario prolongar el periodo de enfriamiento o repetirlo. Para las semillas en latencia se recomiendan temperaturas de 5 a 10 °C por periodos de 5 a 30 días; generalmente son suficientes de 3 a 7 días para romper la latencia (Moreno, 1996).

Presecado. Las indicaciones de la AOSA (1993) para esta prueba, se refieren a que se deben de colocar las semillas a una temperatura de 35 a 40°C por periodos de 5 a 7 días.

Luz. Muchas especies de las familias Poaceae y Asteraceae tienen semillas que responden al tratamiento con luz. Se recomiendan lámparas fluorescentes de luz blanca, o algunas responden a luz roja (Moreno, 1996; D' Agostino *et al.*, 2012).

Nitrato de potasio (KNO₃). Se recomienda el uso de una solución al 0.2% de KNO₃ para el humedecimiento inicial del sustrato en las pruebas de germinación con el fin de superar la latencia de semillas especialmente en las Poaceae. La solución se prepara disolviendo 2.0 g de KNO₃ en 1 000 mL de agua (Magnitskiy y Ligarreto, 2011).

Ácido giberélico (GA₃). El sustrato se humedece con una solución de ácido giberélico a 500 ppm, que se prepara disolviendo 500 mg de ácido en un litro de agua. Cuando la latencia es débil se puede usar una solución con 200 ppm de ácido giberélico; cuando es alta se pueden usar 1 000 ppm. De 800 ppm para arriba se puede usar una solución buffer de 0.01 M de Na₂HPO₄.2H₂O-NaH₂PO₄.H₂O en lugar de agua (Iglesias *et al.*, 2010).

2.6.3. Métodos para eliminar la dureza de la semilla

Un gran número de especies no germinan debido a que la testa o cubierta seminal es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así, la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases (Varela y Arana, 2011).

Escarificación mecánica. Las semillas se frotran en superficies abrasivas para ocasionar pequeñas aberturas en su cubierta. El mejor sitio para la escarificación mecánica es la parte de la cubierta de la semilla inmediatamente arriba del extremo de los cotiledones (Gómez *et al.*, 2010).

Escarificación con ácido. La digestión en ácido sulfúrico concentrado es efectiva para algunas especies. Las semillas se remojan en ácido hasta que aparezcan perforaciones en la cubierta. La digestión puede ser rápida o tardarse más de una hora, pero las semillas deben ser examinadas cada minuto. Después de la digestión se deben lavar las semillas completamente en agua antes de iniciar la prueba de germinación (Gómez *et al.*, 2010).

2.6.4. Métodos para remover sustancias inhibidoras

Autores de muchos lugares del mundo han investigado y definido el fenómeno de la alelopatía, con mayor o menor exactitud, y han coincidido en ver la alelopatía, de forma general, como 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 dañinas o benéficas (Blanco, 2006).

Prelavado de semillas. Si existe la presencia de inhibidores de la germinación se puede eliminar este problema lavando las semillas con agua a 25°C antes de efectuar la prueba de germinación. Después del lavado, secar las semillas por uno y otro lado a una temperatura máxima de 25°C (Agüero y Rolando, 2017).

Remoción de estructuras alrededor de las semillas. En ciertas especies la germinación es promovida al remover otras estructuras tales como involucro o aristas de la lema y pálea de ciertas Poaceae (Benítez *et al.*, 2013).

2.7. Estudios de Tratamientos Pregerminativos en Semillas

El objetivo del estudio de la germinación de semillas, así como del empleo de tratamientos pregerminativos para promover este fenómeno en las semillas es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Estas pruebas, permiten establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma o diferente especie. Normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas (Varela y Arana, 2011).

En un estudio en semillas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz: Ericaceae) se demostró los efectos del nitrato de potasio, el ácido giberélico y el ácido indolacético sobre la germinación, al almacenar durante un mes las semillas dentro del fruto y extraídas, presentaron 70 y 82% de viabilidad, así como, 29 y 38% de germinación a 35 días, respectivamente. Cuando las semillas fueron sometidas a imbibición en soluciones con 200-500 mg·L⁻¹ de nitrato de potasio y ácido giberélico aumentó el porcentaje de germinación en 32% (semillas extraídas almacenadas), y 31 a 38% (semillas almacenadas en frutas), comparado con el

testigo (sin aplicación), mientras que los tratamientos con el ácido indolacético no tuvieron un efecto significativo sobre la germinación. Los resultados mostraron que las semillas de agraz se caracterizan por poseer cierto mecanismo de latencia (Magnitskiy y Ligarreto, 2011).

La escarificación mecánica y el aumento de las concentraciones de ácido giberélico en semillas de biribá (*Rollinia deliciosa*: Annonaceae) promueve mayor porcentaje e índice de velocidad de emergencia, además de la longitud de la raíz principal y parte aérea de plántulas (Fernández *et al.*, 2015).

Otros estudios relacionados con el efecto de la hidratación y deshidratación en la respuesta germinativa, la emergencia y el vigor de las plántulas de *Albizia lebbbeck* y *Gliricidia sepium* (Fabaceae), a diferentes condiciones controladas de estrés calórico del sustrato, reportan que ambas especies responden a la interacción entre la temperatura del sustrato y la hidratación para promover la germinación, así como los tratamientos hídricos pueden revigorizar a las semillas envejecidas y frescas de estas dos especies (González *et al.*, 2009).

En un estudio donde se evaluó el efecto de varias temperaturas (15, 20, 26, 30, 35 40°C) sobre la germinación de plántulas a partir de semillas recién caídas de 5 árboles de tempisque (*Sideroxylon capiri*: Sapotaceae), se encontró que los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron entre los 30 a 35°C mientras que las temperaturas menos favorables fueron 15, 25 y 40°C (Di Stéfano y García, 2000).

2.8. Maleza en el Cultivo del Algodón en la Comarca Lagunera

El algodón es el cultivo de mayor importancia agrícola en la región Lagunera desde hace varias décadas, debido a la superficie que anualmente se le dedica a esta actividad agrícola, además de que es un cultivo que provee una fuente de empleos en la región. Sin embargo, infestaciones severas de malas hierbas o maleza ocasionan un aumento en los costos de producción de este cultivo, aunque los daños pueden expresarse en forma directa o indirecta, las pérdidas

que ocasiona la maleza en el cultivo del algodón se reflejan en menores rendimientos, debido a la competencia que ofrece al cultivo durante el crecimiento y desarrollo, así como en menor calidad de la fibra y mayor dificultad de la cosecha y contaminación de la misma (Agundis y Rodríguez, 1978).

De acuerdo con las prácticas culturales de algodonoero y condiciones climáticas prevalecientes en la región Lagunera, se ha podido determinar que las infestaciones de maleza son de regulares a ligeras durante las fases iniciales del cultivo y severas a partir del primer riego de auxilio. El control eficiente y oportuno de maleza evita reducciones en el rendimiento y la calidad del producto cosechado. Sin embargo, obtener este control implica una serie de deshierbes mecánicos y manuales y/o el empleo de herbicidas, lo que ocasiona el aumento en los costos de producción, sobre todo cuando se emplean técnicas no apropiadas para el control de especies de hierbas que infestan al algodonoero (Agundis y Rodríguez, 1978).

De acuerdo con Agundis y Rodríguez (1978), se mencionan las malezas que se encuentran presentes en la región: zacate pinto (*Echinochloa colona* (L.) Link, Poaceae), trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav., Solanaceae), cadillo (*Xanthium strumarium* L., Asteraceae), quelite: (*Amaranthus palmeri* S. Watson, Amaranthaceae), zacate Johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers., Poaceae), hierba amargosa (*Helianthus ciliaris* D C. Asteraceae), correhuela anual (*Ipomea purpurea* (L.) Roth, Convolvulaceae), ratama (*Flaveria trinervia* (Spreng.) Mohr., Asteraceae), coquillo (*Cyperus esculentus* L., Cyperaceae), zacate zabaneta (*Eragrostis pectinacea* (Michx.) Nees, Poaceae), zacate pegarropa (*Setaria verticillata* (L.) Vau, Poaceae), verdolaga (*Portulaca oleracea* L., Portulacaceae), zacate mota (*Chloris virgata* Swartz, Poaceae), rosetila (*Cenchrus incertus* M.A. Curtis, Poaceae), zacate chino (*Cynodon dactylon* (L.) Pers., Poaceae), golondrina (*Euphorbia micromera* Engelm., Euphorbiaceae), hierba voladora (*Salsola Kali* L., Chenopodiaceae), toloache (*Datura stramonium* L., Solanaceae), gordolobo (*Helianthus annuus* L., Asteraceae), pata de gallo (*Erichloa lemmonii* Vasey & Scribn, Poaceae), malva (*Anoda cristata* (L.) Schlecht., Malvaceae), hediondilla

(*Verbesina encelioides* (Cav.) Gray, Asteraceae), cola de zorra (*Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae), zacate agujita (*Bouteloua aristoides* (H.B.K.) Griseb., Poaceae), chual (*Chenopodium álbum* L., Chenopodiaceae), hierba ceniza (*Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl., Amaranthaceae), hierba de la borrega (*Allionia incarnata* L., Nyctaginaceae), verdolaga de caballo (*Trianthema portulacastrum* L., Aizoaceae), huizachillo (*Hoffmanseggia glauca* (Ort.) Eifert., Fabaceae), tronadora (*Crotalaria pumila* C.G. Ortega, Fabaceae), golondrina grande (*Euphorbia hyssopifolia* L., Euphorbiaceae), correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L. Convolvulaceae), tomatillo (*Physalis philadelphica* Lam., Solanaceae), mala mujer (*Solanum rostratum* Dunai., Solanaceae), aceitilla (*Bidens odorata* Cav. Asteraceae) y arniquilla (*Machaeranthera pinnatifida* (Hook.) Shinnars, Asteraceae).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en dos etapas: colecta e identificación, y aplicación de tratamientos pregerminativos en condiciones de laboratorio a semillas de maleza colectadas en el cultivo de algodón de la región de La Laguna, Coahuila, México.

3.1. Localización del Experimento

Se realizaron recorridos en las diferentes etapas del proceso productivo del cultivo de algodón GM con la finalidad de detectar, coleccionar e identificar plantas de las principales malezas que afectan el cultivo, en el Rancho "El Rincón del Buitre" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en la región productora de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México; bajo las siguientes coordenadas 25°50'04.4" latitud Norte y 103°06'33.6" latitud Oeste.

3.2. Muestreo e identificación de Malezas

La identificación de especies se realizó en el campo con el apoyo de claves de identificación de maleza que describen las características y clasifican la vegetación de la región (Villarreal, 1983). De las plantas no identificadas en campo, se tomó una muestra representativa de cada especie (plantas adultas completas, con estructuras reproductivas sexuales (flores), con fruto o semilla y hojas completas), se colocaron en bolsas de papel en forma individual con su respectiva clave de identificación, etiqueta y se colocaron en una prensa botánica, posteriormente se trasladaron al laboratorio de malezas de la UAAAN unidad Saltillo, en el Departamento de Parasitología, donde se procedió a realizar el secado adecuado y la identificación con apoyo de claves taxonómicas de identificación de plantas, tanto electrónicas

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>
(CONABIO, 2008) como impresas (Villarreal, 1983).

Los recorridos de campo se realizaron en la periferia del cultivo de algodón y dentro de las parcelas, mientras que los muestreos fueron al azar y cuando se ubicaban las plantas de maleza maduras, es decir con frutos, la colecta de las semillas consistió primeramente en la identificación de las especies de malezas, y posteriormente se realizó la recolecta de semilla botánica madura y/o frutos, las muestras también fueron trasladadas a las instalaciones de la UAAAN unidad Saltillo, donde se realizó la limpieza y en su caso escarificación de las semillas para eliminar impurezas (restos vegetales, hoja, tallos, restos de fruto o pericarpio, tierra, piedras, entre otros); se seleccionó la semilla, que se encontró sana y libre de patógenos y plagas. La semilla se almaceno a temperatura ambiente, para su posterior evaluación.

3.3. Establecimiento de bioensayos con Tratamientos Pregerminativos

Una vez que se obtuvo la lista de maleza identificada en campo y el dato de las especies con mayor número de semillas recolectadas, se procedió a establecer bioensayos pregerminativos con la finalidad de romper latencia y obtener datos relacionados a los requerimientos de germinación de las semillas de diferentes especies de maleza presuntamente tolerante y/o resistentes a herbicidas.

Para el establecimiento de los bioensayos, los tratamientos se seleccionaron con base a las especies recolectadas, por lo que se definieron cinco tratamientos pregerminativos *in vitro*, a los que fueron sometidas las semillas: tratamiento con preenfriamiento, uso de nitrato de potasio (KNO_3) al 0.2%, uso de ácido giberélico (GA_3) a 500 ppm, aplicación de calor, y aplicación únicamente de agua, considerado como testigo.

Los bioensayos se establecieron bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento para cada una de las especies de

estudio. La unidad experimental consistió de una caja Petri con 25 semillas con papel filtro como sustrato por cada repetición.

El establecimiento de los bioensayos pregerminativos se llevó a cabo en el Laboratorio de Malezas y en el área de cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología en la UAAAN unidad Saltillo.

3.4. Especies de maleza estudiadas

Las especies con mayor incidencia y con las que se trabajó debido a la cantidad de semilla que se obtuvo y que era requerida para cada tratamiento, fueron las siguientes: trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), zacate Johnson (*Sorghum halepense*), correhuela anual (*Ipomea purpurea*), girasol silvestre (*Helianthus laciniatus* A. Grayo), huizachillo (*Hoffmanseggia glauca*), y se utilizó amaranto (*Amaranthus* sp.) como testigo.

3.5. Descripción de los tratamientos

De cada especie de maleza se tomó una muestra de 100 semillas, y fueron pesadas.

Una vez pesadas las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2.0% durante cinco minutos y se enjuagaron con agua destilada para quitar el exceso de cloro, se secaron con ayuda de papel secante, siempre cerca del mechero y el área de trabajo previamente desinfectado con alcohol al 70%.

Preenfriamiento: Las semillas se humedecieron con 5.0 mL de agua destilada estéril y se almacenaron a 4°C por un periodo de cinco días (Moreno, 1996).

Ácido giberélico: Se utilizó el producto de la marca comercial Activol 40%GS, importado y distribuido por: Valent de México, S.A de C.V., el ingrediente activo es

el ácido giberélico (GA₃) al 40%, el producto se preparó a una solución de 500 ppm (0.625 g de Activol 40 en 500 mL de agua destilada). Se añadieron 5.0 mL a cada unidad experimental, para cada especie y su correspondiente repetición (Iglesias *et al.*, 2010).

Calor: Las semillas, se introdujeron en bolsas Ziploc® con 5.0 mL de agua destilada estéril, y se sometieron en agua caliente a una temperatura de 50°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) por un periodo de 30 minutos. Una vez que las semillas se retiraron del calor se secaron y establecieron en las unidades experimentales con 5.0 mL de agua destilada estéril para aumentar la imbibición de las semillas y promover la germinación (Di Stéfano y García, 2000).

Nitrato de potasio: Se preparó una solución nitrato de potasio al 2.0%, se colocó 1.0 g de KNO₃ en 500 mL de agua destilada estéril. La solución se utilizó para imbibir la semilla por lo que se colocó 5.0 mL en cada unidad experimental (Magnitskiy y Ligarreto, 2011).

Testigo: Únicamente se aplicó 5.0 ml de agua destilada estéril como sustrato inicial para promover la imbibición de la semilla en cada unidad experimental.

3.6. Condiciones de la Cámara Bioclimática

Cada una de las cajas Petri (unidad experimental con 25 semillas), después de aplicar los tratamientos y sus respectivas repeticiones, fueron selladas con Climpack® y se colocaron en una cámara bioclimática a una temperatura de 26 °C, con un fotoperiodo de 24 horas. Las unidades experimentales se distribuyeron completamente al azar. Se realizaron riegos cada tres días con 5.0 mL de agua destilada estéril por unidad experimental, según los requerimientos de cada especie. El uso del agua estéril fue con la finalidad de evitar la incidencia de patógenos o cualquier tipo de contaminación.

3.7. Variables Evaluadas

Especie: nombre de las especies de maleza colectadas e identificadas, durante los recorridos de campo.

Tercer día después de la siembra (D3): Numero de semillas germinadas hasta el tercer día después de realizada la siembra, expresada en número de plántulas.

Quinto día después de la siembra (D5): Numero de semillas germinadas al quinto día después de realizada la siembra, expresada en número de plántulas.

Octavo día después de la siembra (D8): Numero de semillas germinadas hasta el octavo día después de la siembra, expresada en número de plántulas.

Quinceavo día después de la siembra (D15): Numero de semillas germinadas a los 15 días (final de la prueba), posteriores a la siembra, expresada en número de plántulas.

Porcentaje de germinación (%Germ): Número total de semillas que germinaron hasta el final de la prueba bajo condiciones de laboratorio, expresado en porcentaje (%), se consideró a 25 semillas germinadas como el 100%.

Peso fresco (PF): Peso del total de las plántulas frescas, que lograron emerger de las semillas a los 15 días después de establecimiento de la prueba, por cada unidad experimental, expresado en g.

Peso seco (PS): Una vez obtenido el peso fresco de las plántulas, de cada unidad experimental, estas se sometieron a secado en una estufa a 100°C por un periodo de 24 horas para posteriormente se obtuvo el peso seco, expresado en g.

Contenido de humedad (CH): Se calculó la diferencia entre el peso de las plántulas en fresco con el peso seco. Expresada en g.

3.8. Análisis Estadístico

Se realizó una base de datos de las especies identificadas como maleza o asociadas al cultivo de algodón Bt, para la zona de estudio, la cual incluyó el total de semilla recolectada y se registraron algunas observaciones sobre cada especie, de datos que se recabaron durante los recorridos de campo.

En el caso del análisis estadístico de los bioensayos *in vitro* para evaluar los tratamientos pregerminativos sobre seis especies de maleza, se realizó un análisis de varianza, bajo un diseño experimental completamente al azar y dentro del análisis se consideró evaluar dos fuentes de variación, la influencia de los tratamientos en las semillas de las diferentes especies de maleza, para saber cuál fue el más efectivo para germinar semillas de maleza, así como el comportamiento con mejor respuesta de las especies dichos tratamientos (Castillo *et al.*, 2007). También se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$) sobre tratamientos y sobre las variables evaluadas y un análisis de correlación de Pearson (r). Los análisis se realizaron con el apoyo del paquete estadístico computacional de SAS (SAS Institute, 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Especies de Maleza en el Cultivo del Algodón

Como resultado de los muestreos de maleza realizados durante los recorridos en parcelas de algodón establecidas en el rancho “El Rincón del Buitre” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, se obtuvieron nueve especies de siete familias diferentes, de las cuales, por el número de semillas recolectadas, únicamente se estudiaron a cinco especies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Maleza colectada en el cultivo de algodón en el Rancho “El Rincón del Buitre” de la UAAAN en la región productora de la Laguna, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Peso de semilla (g/100 semillas)
Correhuela	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	--
<i>Correhuela anual</i>	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth ^δ	Convolvuláceae	0.95
Girasol silvestre	<i>Helianthus laciniatus</i> A. Gray ^δ	Asteraceae	0.17
Hediondilla	<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	Asteraceae	0.59
Huizachillo	<i>Hoffmanseggia glauca</i> (Ortega) Eifert ^δ	Fabaceae	0.78
Quelite	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	Amarantaceae	--
Trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. ^δ	Solanaceae	0.39
Verdolaga de caballo	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Aizoaceae	--
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. ^δ	Poaceae	0.58

^δEspecies seleccionadas para los bioensayos pregerminativos de las semillas.

Los resultados obtenidos, concuerdan con lo reportado por la Agundis y Rodríguez (1978) quienes reportaron una lista de 36 especies de plantas que se comportan como maleza en el cultivo del algodón en México, algunas de estas especies coinciden con las que se identificaron en los muestreos en Coahuila en esta investigación. Riar *et al.* (2011) mencionan a *Amaranthus palmeri*

(Amaranthaceae), *Ipomoea lacunosa* (Convolvulaceae), *Sesbania herbácea* (Fabaceae), *Echinochloa crus-galli* (Poaceae), *Digitaria sanguinalis* (Poaceae) y *Eleusine indica* (Poaceae) como malezas en el cultivo de algodón y reportan a *A. palmeri* como resistente a glifosato.

Por otro lado, Stephenson y Brecke (2010), indican que las especies de maleza presentes en el cultivo de algodón son *Urochloa ramosa* (Poaceae), *Desmodium tortuosum* (Fabaceae), *Commelina benghalensis* (Commelinaceae), *Senna obtusifolia* (Fabaceae) y *Jacquemontia tamnifolia* (Convolvulaceae).

Según, Guevara y Peña (2000) a nivel mundial existen alrededor de unas 20 especies de maleza que ocasionan fuertes daños al algodón y algunas de ellas de difícil control, debido a su biología y morfología y otras porque ya presentan cierto nivel de resistencia a herbicidas. Las gramíneas son las especies de más fácil control con herbicidas específicos (graminícidas) como es el caso del Zacate Johnson (*Sorghum halepense*) identificado en este trabajo y que es común encontrarlo en interacción y en competencia con el cultivo.

4.2. Análisis de los tratamientos pregerminativos

El análisis de varianza identificó diferencias estadísticas significativas con una confiabilidad del 95% ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos pregerminativos, solo para las variables D3 y D5; además fue posible detectar diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 99% ($\alpha \leq 0.01$) para las variables D8, D15, y %GERM (Cuadro 2).

Los resultados son compatibles con los reportados por Saldívar *et al.* (2010) para la germinación de semillas de la especie *Jaltomata procumbens* (Solanaceae), quienes en el análisis de varianza encontraron diferencias altamente significativas en los tratamientos relacionados a la concentración de ácido giberélico en todas las variables.

Cuadro 2. Análisis de varianza de ocho variables obtenidas de la aplicación de distintos tratamientos pregerminativos en semillas de maleza colectadas en el cultivo de algodón en la región de La laguna, Coahuila, México, 2017.

FV	GL	VARIABLES							
		D3	D5	D8	D15	%GERM	PF	PS	CH
Trat	4	21.70*	21.69*	46.91**	123.98**	1983.80**	0.0016 ^{NS}	0.000027 ^{NS}	0.0014 ^{NS}
Esp.	5	224.75**	241.75**	251.34**	239.25**	3828.05**	0.0303**	0.000390**	0.0242**
Error	110	7.26	8.15	10.7	18.97	303.65	0.002	0.000034	0.0021
Total	119								
R ²		0.6	0.59	0.55	0.44	0.44	0.39	0.35	0.34
CV (%)		155.47	107.45	92.37	96.09	96.09	140.07	175.77	152.78
Media		1.73	2.65	3.54	4.53	18.13	0.03	0.0033	0.03
S		4.1	4.2	4.6	5.6	22.54	0.05	0.007	0.055

** diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; * diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$. ^{NS}: Diferencias no significativas; GL: Grados de libertad; FV: fuente de variación; Trat: tratamientos pregerminativos para semillas de maleza; Esp: especies de maleza correspondientes a la semilla que se empleó en los bioensayos; R²: Coeficiente de determinación; CV (%): Porcentaje del coeficiente de variación; S: desviación estándar.

Para conocer la respuesta que tuvieron los tratamientos sobre las semillas de cada especie de maleza, fue necesario incluir la fuente de variación especie en el análisis de varianza, por lo que se encontraron diferencias estadísticas significativas con una confiabilidad del 99% ($\alpha \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas (Cuadro 2); al respecto Varela y Arana (2011), indican que la latencia es una condición de las semillas que depende de la especie y de las adaptaciones a condiciones ambientales donde los individuos deben completar su ciclo de vida, además que cada especie reaccionara diferente para cada tratamiento pregerminativo, aplicado a la semilla.

4.3. Comparación de Medias entre Tratamientos Pregerminativos

La comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos aplicados a seis especies de maleza, indico que el tratamiento de ácido giberélico (AG₃) mostró

resultados superiores estadísticamente hablando, con respecto a los demás tratamientos, con 32.33% de germinación; Blanco (2006) menciona que las sustancias alelopáticas en las plantas pueden acumularse en cualquier órgano de éstas y tienen múltiples efectos, uno de los que más destaca es la inhibición de la germinación de las semillas, estas sustancias alelopáticas se encuentran como varios compuestos fenólicos que inhiben la acción de otras fitohormonas, como las giberelinas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por ellas. Se sabe que los ácidos; ferúlico, p-cumárico, vainílico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas. Muchos taninos también lo hacen, provocando paralelamente una reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas, tales como la amilasa y fosfatasa ácida en endospermo de semillas de Poaceae; esto explica porque al realizar aplicaciones de AG₃ en tratamientos pregerminativos favoreció la germinación de semillas.

Con el contexto anterior, Araya *et al.* (2000), sostienen que las giberelinas están implicadas directamente en el control y promoción de la germinación de las semillas; el AG₃ puede romper la latencia de las semillas y remplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura. Además, Saldívar *et al.* (2010) mostraron que es posible mejorar el proceso de germinación con aplicaciones de AG₃ en concentraciones superiores a 150 mg·L⁻¹.

Cuadro 3. Comparación de medias entre tratamientos pregerminativos para ocho variables consideradas en el estudio de semillas de seis especies de maleza colectadas en el cultivo de algodón, de la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES							
		D3	D5	D8	D15	%GERM	PF	PS	CH
1	Preenfriamiento	0.37 a	2.33 ab	3.45 ab	3.91 b	15.66 b	0.02 a	0.0024 a	0.02 a
2	AG ₃	2.45 a	3.95 a	5.58 a	8.08 a	32.33 a	0.03 a	0.0046 a	0.02 a
3	Calor	1.08 a	1.33 b	1.66 b	1.79 b	7.16 b	0.02 a	0.0025 a	0.02 a
4	KNO ₃	2.37 a	2.79 ab	3.25 ab	4.70 ab	18.83 ab	0.04 a	0.0026 a	0.03 a
5	Testigo	2.37 a	2.87 ab	3.75 ab	4.16 b	16.66 b	0.04 a	0.0043 a	0.03 a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento relacionado con la aplicación de nitrato de potasio (KNO_3), no expresó diferencias estadísticas significativas con respecto a las medias de los otros tratamientos en las variables evaluadas; sin embargo, tuvo el segundo lugar más alto de la variable %GERM, pues alcanzó un 18.83% la germinación de las semillas de la maleza (Cuadro 3). Magnitskiy y Ligarreto (2011) reportan que la imbibición de semillas en KNO_3 puede favorecer el aumento en el porcentaje de germinación, en semillas de la especie *V. meridionale*; además indican que al utilizar KNO_3 y AG_3 , se generan resultados positivos en el incremento de la germinación de semillas, lo que reafirma la existencia de latencia fisiológica. Estos dos tratamientos pueden ser una alternativa para el estudio de la germinación de semillas de maleza, si se prueban diferentes concentraciones pues sus características y función, tiene la finalidad de romper la latencia en las semillas.

El tratamiento tres en el cual se aplicó calor fue diferente al resto estadísticamente, debido a que presentó el valor más bajo en las variables relacionadas al número de semillas germinadas en determinado día transcurrida la prueba y al porcentaje de germinación (D3, D5, D8, D15 y %GERM), con un 7.16%, al finalizar el conteo de las semillas germinadas (Cuadro 3), estos resultados difieren de los resultados obtenidos por González *et al.* (2009), debido a que obtuvieron mayor germinación en *A. lebeck* y *G. sepiumconforme* cuando aumentaban la temperatura en diferentes tratamientos con calor, escarificación e hidratación de las semillas; lo que indica que en estas especies el calor es un factor determinante para que germinen, caso contrario a lo encontrado en esta investigación, pues las semillas de las especies de maleza presentes en los campos de algodón en Coahuila no manifestaron dependencia de calor para germinar.

Según las características de la región de La Laguna, el invierno está muy marcado con temperaturas menores a 4°C , esto da como referencia que las semillas tienen que pasar por un periodo de letargo o requerimiento de frío para promover su germinación, dato que se corrobora al aplicar tratamientos de preenfriamiento a

las semillas, pues se presentó más germinación (15.66%, Cuadro 3), lo que indica que estas especies cuentan con requerimientos intraespecíficos. En este sentido, D' Agostino *et al.* (2012) mencionan que el micrositio en el cual la semilla germina juega un rol importante en definir la distribución de la especie, y que existe cierta relación entre los requerimientos ambientales para la germinación y las características ambientales predominantes en el hábitat, los que han sido interpretados como adaptaciones a condiciones ecológicas específicas. Estos mismos autores indican que los factores abióticos que controlan la germinación de las semillas y que son los más relevantes están la luz y la temperatura.

Era de esperar que el tratamiento testigo, donde se aplicó solo agua, no presentara alto porcentaje de germinación (16.66%) pues muchas de las especies de maleza presentan latencia por la respuesta a su supervivencia y por características de la cubierta seminal. Matilla (2008) indica que la semilla, constituye el órgano de dispersión y perpetuación de las angiospermas y representa la culminación de la evolución reproductiva de las plantas. También hace mención que el ácido abscísico (ABA) es el responsable de que, en la planta madre, la semilla no pase directamente de la embriogénesis a la germinación y, por consiguiente, de que adquiera y mantenga la dormición primaria.

El resto de los tratamientos no presento diferencias estadísticas, por lo que se considera que la respuesta de las variables peso fresco, peso seco y contenido de humedad tuvieron un comportamiento muy parecido en las seis especies de maleza (Cuadro 3). D' Agostino *et al.* (2012) reportan que de los tratamientos pregerminativos aplicados en diferentes especies de plantas típicas de bosques y matorrales, al menos en uno alguna de las especies germinó y que solo se presentaron diferencias en las variables porcentaje de germinación en las variantes con temperatura óptima, con condiciones de luz y con oscuridad permanente y que no hubo diferencias entre el resto de las variables del estudio, las cuales registraron porcentajes de germinación significativamente menores al obtenido en la temperatura óptima.

4.4. Comparación de Medias entre Especies de Maleza

La comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) entre las seis especies de maleza que fueron sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos, dio como resultado que la especie *I. purpurea* mostrará las medias más altas en las variables en estudio, a la vez que fue estadísticamente diferente al resto de las especies incluso al testigo *Amaranthus* sp.; sin embargo, en la variable %GERM estas dos especies comparten valores aceptables en las diferencias de medias (40.20% y 28.8%, respectivamente) con una confiabilidad del 95% (Tukey, $\alpha \leq 0.05$; Cuadro 4). D' Agostino *et al.* (2012) mencionan que la especie que más germinó (independientemente de la temperatura óptima) fue *Dolichandra cynanchoides* (Bignoniaceae), seguida por *I. purpurea*; mientras que las especies que presentaron mayor velocidad de germinación fueron las representantes de las familias Convolvulaceae (*I. purpurea* e *Ipomea rubriflora*) y Fabaceae (*Cologania broussonetii* y *Rynchosia edulis*) pues germinaron más rápido, mientras que *Clematis montevidensis* (Ranunculaceae) y *Asparagus setaceus* (Asparagaceae) fueron las que más tardaron en alcanzar el 50% de la germinación total.

La especie *S. halepense* tuvo 3.80% de germinación; especie que menos respuesta tuvo a los tratamientos pregerminativos efectuados (Cuadro 4). Al respecto, Flores *et al.* (2016) mencionan que esta especie aún sometida en agua caliente y fría en diferentes tiempos, distintas concentraciones de H₂SO₄ (ácido sulfúrico), así como almacenamiento y refrigeración, no es posible romper la latencia en las semillas. Estos mismos autores sometieron semillas de esta especie, a periodos de obscuridad total, por lo que lograron que algunas de las semillas germinaran con respecto al resto de los tratamientos.

Cuadro 4. Comparación de medias entre especies de maleza, para ocho variables consideradas en la aplicación de diferentes tratamientos pregerminativos en semillas, colectadas en el cultivo de algodón, de la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017.

ESPECIE	VARIABLES							
	D3	D5	D8	D15	%GERM	PF	PS	CH
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	0.00 b	0.00 b	0.50 c	2.50 c	10.00c	0.0044 b	0.0023 b	0.0021 b
<i>Sorghum halepense</i>	0.00 b	0.20 b	0.70 c	0.95 c	3.80 c	0.02 b	0.0011 b	0.02 b
<i>Ipomoea purpurea</i>	8.45 a	9.45 a	10.05 a	10.05 a	40.20 a	0.10 a	0.01 a	0.09 a
<i>Helianthus laciniatus</i>	0.00 b	2.00 b	3.45 bc	4.25 bc	17.00 bc	0.02 b	0.0006 b	0.02 b
<i>Hoffmannseggia glauca</i>	1.65 b	1.80 b	2.05 bc	2.25 c	9.00 c	0.03 b	0.0035 b	0.02 b
<i>Amaranthus sp.</i>	0.30 b	2.50 b	4.50 b	7.20 ab	28.80 ab	0.0038 b	0.0003 b	0.0035 b

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En experimentos realizados por Saldívar *et al.* (2010) con AG₃ aplicado a semillas de diferentes especies, encontraron que para especie *S. elaeagnifolium*, hasta los 15 días obtuvieron 2.50 semillas germinadas, representando tan solo el 10% del total, aun cuando la dosis utilizada de AG₃ fue alta (1 250 mg·L⁻¹), comparado con el tratamiento aplicado a *J. procumbens*, donde, utilizó una solución de AG₃ de 250 mg·L⁻¹, obteniendo un porcentaje de germinación del 87%, a los 25.5 días; según estos autores, la semilla de *S. elaeagnifolium* se ve afectada por las concentraciones de AG₃ y el periodo de germinación, probablemente influenciado por la dureza de la cubierta seminal, por lo que se sugiere esperar mayor número de días para realizar el conteo de las semillas germinadas o quizá necesite mayor número de días para alcanzar el máximo porcentaje de germinación.

Por otro lado, Fuentes *et al.* (1996) aplicaron AG₃ a 250 ppm en semillas de *Ocimum gratissium* (Lamiaceae), donde completo el 100% de germinación al día 14.5; mientras que con 750 ppm de AG₃ en semillas de *Stephania rotunda* (Menispermaceae), logrando germinar el total de las semillas a los 46 días.

4.5. Análisis de Correlación entre Variables

El análisis de correlación lineal de Pearson (r) entre las variables evaluadas en tratamientos pregerminativos a semillas de maleza asociada al cultivo de algodón, detecto alta correlación positiva y significativa ($r > 0.70$; $\alpha \leq 0.01$), esto se aprecia entre las variables relacionadas al número de semillas germinadas por día (D3, D5, D8, D15) y el porcentaje de germinación (%GERM), ya que son variables dependientes entre sí; es decir, que el número de plántulas aumento conforme transcurrieron los días, este comportamiento da una curva del proceso de germinación (fases de germinación) de las semillas en cada especie y para cada tratamiento (Cuadro 5; Fig. 2 y 3).

Cuadro 5. Análisis de correlación de Pearson (r) entre variables evaluadas en tratamientos pregerminativos aplicados a semillas de seis especies de maleza colectadas en el cultivo de algodón, de la región de La Laguna, Coahuila, México, 2017.

Variables	D3	D5	D8	D15	%GERM	PF	PS	CH
D3	1.00							
D5	0.91**	1.00						
D8	0.78**	0.94**	1.00					
D15	0.58 ^{NS}	0.75**	0.87**	1.00				
%GERM	0.58 ^{NS}	0.75**	0.87**	1.00**	1.00			
PF	0.45 ^{NS}	0.45 ^{NS}	0.39 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.27 ^{NS}	1.00		
PS	0.55 ^{NS}	0.54 ^{NS}	0.49 ^{NS}	0.36 ^{NS}	0.36 ^{NS}	0.46 ^{NS}	1.00	
CH	0.41 ^{NS}	0.41 ^{NS}	0.35 ^{NS}	0.24 ^{NS}	0.24 ^{NS}	0.99**	0.36 ^{NS}	1.00

**altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. *Significativo con $\alpha \leq 0.05$.

También es posible apreciar la correlación entre el contenido de humedad (CH) y el peso fresco de las plántulas (PF), la cual es alta, positiva y altamente significativa ($r = 0.99$; $\alpha \leq 0.01$), lo que indica que en la etapa de plántula existe mayor acumulación de agua, que de peso seco, esto es debido a que en etapa de plántula cualquier especie es mantenida por el tejido de reserva o los cotiledones y

hasta que se presenta la primer hoja verdadera, inicia la acumulación de biomasa en los tejidos, pues ya la planta es alimentada con sus propios fotosintatos.

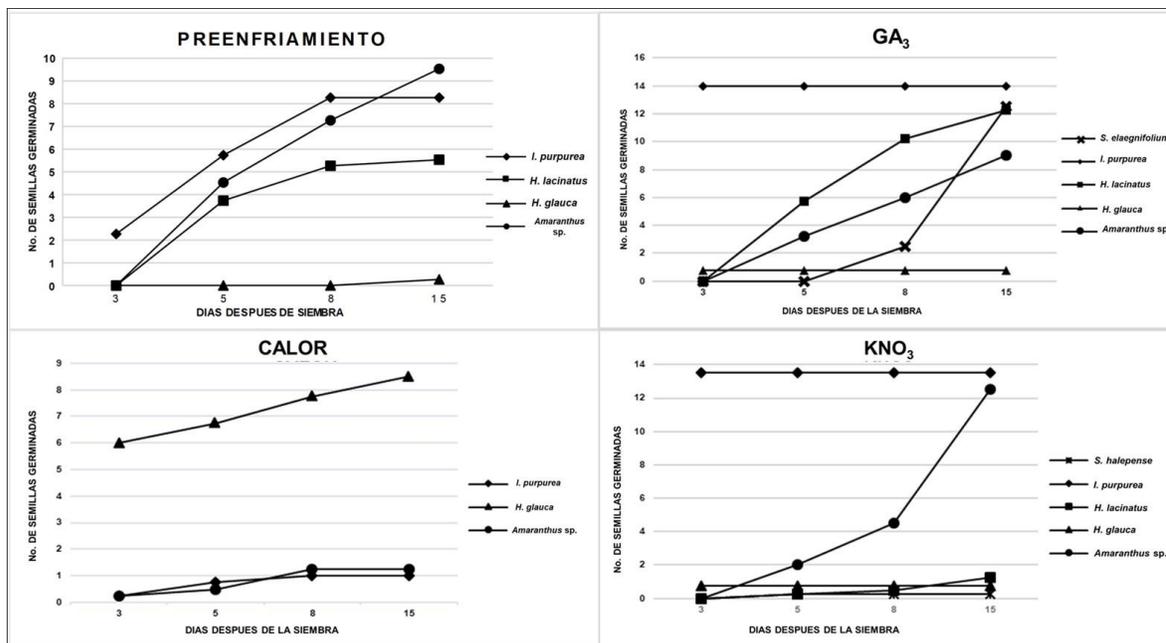
Ferrero (2010) no encontró diferencias en algunas de las características de la fase regenerativa en el proceso de germinación de semillas de enredaderas. Por lo que las diferencias se empiezan a apreciar en las características de las etapas posteriores del ciclo de vida, cuando la planta es independiente y empieza a acumular biomasa, posterior a la fase III del proceso de germinación.

4.6. Velocidad de Germinación

Se consideró la velocidad de germinación con la finalidad de observar el comportamiento de las especies y el tratamiento pregerminativo en el que hubo mayor respuesta en la germinación, por lo que es posible apreciar que existe un comportamiento diferencial en cada una de las especies, para los cinco tratamientos (Fig. 2 y 3). D' Agostino *et al.* (2012) observaron diferencias significativas en la velocidad de germinación entre 21 especies de enredadera (16 géneros, 10 familias en total), típicas de la región Chaco Serrano de Córdoba, en Argentina, evaluadas en tratamientos con luz y oscuridad y variación en temperatura, estos autores indican que el comportamiento germinativo de las semillas es independiente entre las especies y que sus requerimientos son diferentes.

La tendencia que se presentó durante el proceso de germinación de las semillas en cada una de las seis especies (Figura 2 y 3), indica que algunas requieren más tiempo de evaluación para que se exprese la germinación total pues en la mayoría de los casos el porcentaje de germinación oscilo entre 3.8 a 40.2% (Cuadro 4), valores que pueden considerarse bajos. En este sentido, Ayala-Cordero *et al.* (2004), señala que las diferencia en la germinación de semillas se debe a la variación en el tamaño y peso de la semilla, pues esta característica juega un papel importante en los procesos de germinación y establecimiento de plántulas y

es una estrategia de la maleza de supervivencia en las primeras fases de su ciclo de vida.



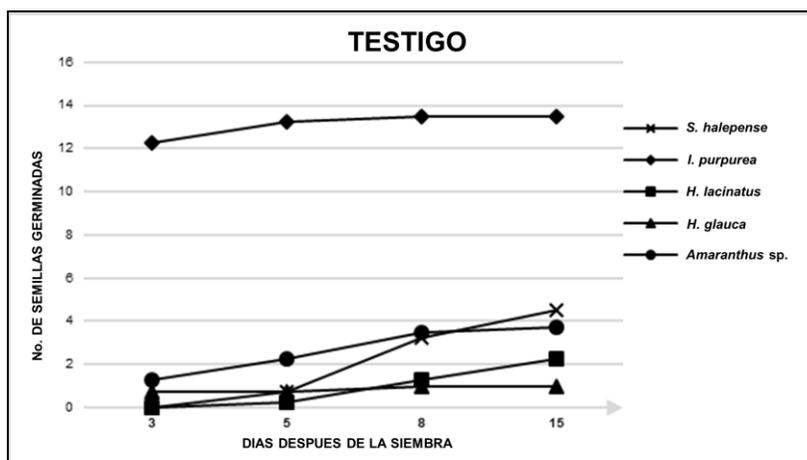
Nota: No se consideraron los valores de las especies donde hubo 0.0% de germinación en su totalidad de los datos.

Figura 2. Tendencia del proceso de germinación con las medias de las variables número de semillas germinadas en días (D3, D5, D8 y D15), para cada uno de los tratamientos (preenfriamiento, GA₃ calor y KNO₃) y especies.

De manera general, la mayoría de las especies evaluadas presentaron semillas que hasta los 15 días se mantuvieron en la fase I (imbibición) y II (reactivación de metabolitos) del proceso de germinación, excepto para la especie *I. purpurea* quien desde el inicio del establecimiento de los experimentos expreso inmediatamente su germinación y tuvo un comportamiento, con respecto al resto de las especies mayor para el porcentaje de germinación, excepto para el tratamiento de calor, probablemente este pudo haber afectado la estructura morfológica de la semilla o su fisiología.

Ayala-Cordero *et al.* (2004) mostraron que las curvas de germinación presentan diferencias estadísticamente significativas para cinco categorías de peso por fecha y para las semillas del mismo peso, pero germinadas en diferente fecha; esto

sugiere que la germinación de la semilla responde diferencialmente dependiendo del peso, de la madurez fisiológica y de la fecha de siembra.



Nota: No se consideraron los valores de las especies donde hubo 0.0% de germinación en su totalidad de los datos.

Figura 3. Tendencia del proceso de germinación con las medias de las variables número de semillas germinadas en días (D3, D5, D8 y D15), en el tratamiento en el que se aplicó solo agua (testigo), para todas las especies en estudio.

Moreno *et al.*, (2006) en un estudio realizado en semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell., Euphorbiaceae), encontraron que en la fase I de imbibición de las semillas, la testa protege al embrión de las condiciones ambientales adversas, pero también puede afectar negativamente la captación de agua impidiendo el inicio de las reacciones bioquímicas que finalizan en el proceso de germinación; sin embargo, sin testa se observa una diferencia en el cambio de tendencia de la pendiente de la curva de germinación, que representa una mayor velocidad en la toma de agua y una reducción en el potencial hídrico de la semilla, relacionada con el inicio de la actividad enzimática propia del proceso de germinación a causa de la toma acelerada de agua (fase II).

V. CONCLUSIONES

El cultivo del algodón en la región de La Laguna en Coahuila, México está relacionado con al menos nueve especies de maleza (*A. palmeri*, *C. arvensis*, *H. glauca*, *H. laciniatus*, *I. purpurea*, *T. portulacastrum*, *S. elaeagnifolium*, *S. halepense* y *V. encelioides*), las cuales se encuentran en alta presión de selección a herbicidas como el glifosato.

Las semillas de la *I. purpurea* son fácil de germinar, ya que no presentan ningún tipo de latencia, por lo que se puede utilizar en diferentes estudios relacionados con maleza y para empleo de herbicidas.

El ácido giberélico (GA₃) fue el mejor tratamiento para romper latencia en semillas de malezas asociadas al cultivo de algodón con alta presión de selección a herbicidas, este producto puede ser factible de utilizarse en pruebas de germinación en semillas de maleza.

VI. LITERATURA REVISADA

- Agüero, C. G., Rolando, R. O. 2017.** Método alternativo de germinación para determinar la calidad de semillas en Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Agriscientia*, 34(1), 47-58.
- Agundis, O.; Rodríguez, C. 1978.** Maleza del algodónero en la Comarca lagunera: descripción y distribución. México: SAGARPA e INIFAP.
- Aizpuru, I., C. A. P.; M. Uribe-Echeverria.; P. Urrutia; I. Zorrakin. 1992.** Claves ilustradas de la Flora del País Vasco y Territorios Limítrofes. Servicio Central de publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.
- AOSA (Association of Official Seed Analysts). 1993.** Perspective of seed vigor testing. *Journal of Seed Technology*, 17(2), 101-104.
- Araya, E; Gómez, L; Hidalgo, N; Valverde, R. 2000.** Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación in vitro de Jaul (*Alnus acuminata*). *Agronomía Costarricense* 24(1): 75-80.
- Ayala-Cordero, G.; Terrazas, T.; López Mata, L.; Trejo, C. 2004.** Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29(12). <https://www.redalyc.org/html/339/33909907/>
- Benítez, S. P., Lobo, M., Delgado, O. A., y Medina, C. I. 2013.** Estudios de germinación y remoción de latencia en semillas de papayuelas *Vasconcellea cundinamarcensis* y *Vasconcellea goudotiana*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(2), 187-197.
- Blanco, Y. 2006.** La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27 (3): 5-16.
- Castillo, L.; Acosta, M.; Hernández, R.; Solado, R.; Canul, E. 2007.** Introducción al SAS para Windows. 3a ed. Chapingo, Edo de México. Universidad Autónoma Chapingo.

- Chilo, G., Vacca Molina, M., Carabajal, R. L., y Ochoa, M. E. 2009.** Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. *Agriscientia*, 26(1), 15-22.
- CONABIO. 2008.** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad México, D.F. Disponible en web: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/doctos/biosecuridad.html> Revisado el 18 de febrero de 2019.
- Cordero, J. M., y Oliveros, M. 1983.** Evaluación de temperatura y tiempo para conducir pruebas de germinación en semillas de *Andropogon gayanus*. *Agronom Trop*, 33(1-6), 357-366.
- D' Agostino, A. B.; Gurvich, D. E.; Ferrero, M. C.; Zeballos, S. R.; Funes, G. 2012.** Requerimientos germinativos de enredaderas características del Chaco Serrano de Córdoba, Argentina. *Revista de Biología Tropical* Vol. 60 (4): 1513-1523.
- De la Cuadra, C. 1993.** Germinación, latencia y dormición de las semillas: dormición en las avenas locas. Folleto No. 14196. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Di Stéfano, J.; García, E. 2000.** Germinación y desarrollo radicular de tempisque (*Sideroxylon capiri*) a diferentes temperaturas. *Agronomía Costarricense*, 24 (1): 93-97.
- Donoso, C. 1993.** Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). *Bosque* 3 (1): 1-14.
- Espinoza, I.; Rodríguez, E.; Mendt, R. 1995.** Guía de Teoría de Protección Vegetal II. U.C.V., Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. pp: 14–50.
- Fernández, L.; Meira de Abreu, C.; Neves, R.; Seleguini, A. 2015.** Escarificação e ácido giberélico na emergência e crescimento de plântulas de biribá. *Ciencia Rural*, 45 (10): 1748-1754. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140249. Revisado el 13 de febrero de 2019.

- Ferrero, M. C. 2010.** Distribución y características funcionales de enredaderas de distintas comunidades vegetales del Chaco Serrano (Reserva La Quebrada, Córdoba). Tesina de graduación, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Flores, M. A.; Sánchez, E.; Balandrán, M. I.; Márquez, C. 2016.** Efectividad de tratamientos pregerminativos en la ruptura de la dormancia en las semillas forrajeras y de malezas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(9): 427-432.
- Fuentes, F. V.; Rodríguez, M. N.; Rodríguez, F. C. 1996.** Acerca de la propagación de *Ocimum gratissimum* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. Revisado el 06 de marzo de 2019. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S102847961996000100001&script=sci_arttext&tlng=pt.
- Gómez, F. C., Vidal-Morales, B., Trejo-Téllez, L. I., y Silva, C. 2010.** Escarificación y germinación in vitro de semillas de heliconias. *Universidad y ciencia*, 26(3), 293-297.
- González, Y.; Sánchez, J.; Reino, J.; Montejo, L. 2009.** Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de las plántulas de *Albizia lebbek* y *Gliricidia sepium*. *Pastos y Forrajes*, 32 (3), 1-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119694004> Revisado el 13 de febrero de 2019.
- Grube, A.; Donaldson, D.; Kiely, T. 2011.** *Pesticides Industry Sales and Usage*. EPA. Washington, D.C. 33p.
- Guevara, A. G.; Peña, I. E. S. 2000.** Manejo de Malezas en el Cultivo de Algodón. INTA Centro Regional Chaco Formosa Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña Ruta 95 km 1108. Provincia de Chaco. Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manejo_de_malezas_en_el_cultivo_de_algodn.pdf

- Guglielmini, A. C., Mas Serra, M., Kruk, B. C., de Abelleira, D., Verdú González, A. M. C., y Satorre, E. H. 2007.** Manual de identificación a campo: Especies relevadas al final del ciclo de cultivo de soja de primera, bajo siembra directa, en el sur de entre ríos, Argentina.
- Heap, I.; LeBaron, H. 2001.** Introduction and overview of resistance. pp. 1-22, *En:* S. B. Powles & Shaner, D.L., eds. *Herbicide resistance in world grains*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América.
- Iglesias, P. S., Cerda, A. L., Rodríguez, F. G., y Galindo, M. D. 2010.** Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) JL Gentry. *agronomía mesoamericana*, 21(2), 327-331.
- INTAGRI. 2017.** Los Riesgos de una Mala Aplicación de Herbicida. Serie Fitosanidad Núm. 93. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-riesgos-de-una-mala-aplicacion-de-herbicidas>. Revisado el 10 de febrero de 2019
- Klingman, G.; Ashton, F. 1989.** Estudio de las Plantas Nocivas. Principios y Prácticas. 3° ed. Editorial Limusa. México, D. F. pp: 34–57.
- Labrada, R.; Caseley, J.; Parker, C. 1996.** Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. FAO. Producción y Protección Vegetal N° 120. Roma, Italia. pp: 3–40.
- Leguizamón, E. 1996.** Las malezas y el agroecosistema. *Curso de Capacitación en Malezas*. Pergamino. AR.
- Lindorf, H.; Parisca, L.; Rodríguez, P. 1991.** Botánica. Clasificación, Estructura y Reproducción. Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 584 p.
- Lobo, M.; Delgado, O.; Cartagena, J. R.; Fernández, E.; Medina, C. I. 2007.** Categorización de la germinación y la latencia en semillas de chirimoya (*Annona cherimola* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.), como apoyo a programas de conservación de germoplasma. *Agronomía Colombiana*, 25

(2): 231-244. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14126>

Magnitskiy, S.; Ligarreto, G. 2011. El efecto del nitrato de potasio, del ácido giberélico y del ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 1(2): 137-141. DOI:10.17584/rcch.2007v1i2.1155 Revisado el 13 de febrero de 2019

Matilla, A. 2008. Desarrollo y germinación de las semillas. Fundamentos de fisiología vegetal, 2, 549. Consultado 1 de marzo de 2019

Mazparrote, S.; Delascio, F. 1998. Botánica. Editorial Biosfera, C. A. Caracas, Venezuela. 559 p.

Mónaco. T. J.; Weller, S. C.; Ashton, F.M. 2002. Weed Science, Principles and Practices. 4ª Ed. Ed. J. Wiley & Sons. New York, NY. USA. 671 p.

Moreno, E. (1996). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. pp. 113 -277 México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Moreno, F.; Plaza, G. A.; Magnitskiy, S. V. 2006. Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). *Agronomía Colombiana*, 24(2): 290-295. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316239011.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). 1996. Manejo de malezas para Países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 120, editado por R. labrada, J. C. Caseley & C. Parker. Italia, 401pp.

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). 2005. Procedures for Weed Risk Assessment. Plant Production and Protection División. Roma Italia. 16 p.

- Pantoja, A.; Fischer, A.; Correa V. F.; Sanint L. R.; Ramírez. 1997.** MIP en arroz. Manejo Integrado de plagas: Artrópodos, Enfermedades y Malezas. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 147 pp.
- Pitty, A.; Muñoz, R. 1991.** Guía Práctica Para el Manejo De Malezas. Ed. El Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 223 p.
- Renzi, J.; Cantamutto, M. A. 2009.** Dormancia y germinación en semillas de *Vicia villosa* Roth. Análisis de semillas. En la búsqueda de la mejor simiente. Buenos Aires, Argentina. 3(9): 84-89.
- Riar, D. S.; Norsworthy, J. K.; Griffith, G. M. 2011.** Herbicide Programs for Enhanced Glyphosate-Resistant and Glufosinate-Resistant Cotton (*Gossypium hirsutum*) Weed Technology, 25(4): 526-534. <https://www.jstor.org/stable/41409053>
- Rodríguez Q., I. y Durán, J. M. 2008.** Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura: Revista Agropecuaria, 78(912), 836-842.
- Rodríguez, D.; J.M. Carnero. 1990.** El Algodón. Ed. Mundi Prensa. Disponible en: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba3/algo117.pdf>
f Revisado el 18 de febrero de 2019
- Rojas G., M.; R. J. Vázquez. G. 1995.** Manual de Herbicidas y Fitorreguladores. Aplicación y uso de productos agrícolas. 3 ed. Editorial Limusa. México, D.F. 157 p.
- 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. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000300003&script=sci_arttext&tlng=pt
- SAGARPA-SIAP. 2017.** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Algodón Mexicano: Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México.
Disponible en:
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-
Algod_n.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algod_n.pdf). Fecha de consulta: 08 de febrero de 2019.

Saldívar, P.; Laguna, A.; Gutiérrez, F.; Domínguez, M. 2010. Ácido giberélico en la Germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) J. L. Gentry. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2): 327-331. Consultado el 06 de marzo de 2019. Disponible en:
[www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-
13212010000200012&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000200012&lng=en&tlng=es).

Sánchez-Ken, G. J.; Zita, P. G de los A.; Mendoza C. M. 2012. Catálogo de las gramíneas malezas nativas e introducción de México. Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza A.C.; Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México, Estado de Mexico.433 p.

SAS Institute. 2002. The SAS system for windows. Release 9.2.

Solís, O.; Martínez, Y.; Castillo, S. 2016. Los paradigmas de las malezas. *Ciencias*, núm. 120-121, pp. 90-97. Disponible en <http://www.revistaciencias.unam.mx/pt/202-revistas/revista-ciencias-120-121/2000-los-paradigmas-de-las-malezas.html> Revisado el 18 de febrero de 2019.

Stephenson, D. O.; Brecke, B. J. 2010. Weed Management in Single- vs. Twin-Row Cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Technology*, 24(3): 275-280 URL: <https://www.jstor.org/stable/40801436>

Suárez, D.; Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. *Experimentos en Fisiología Vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.* pp, 13-24. [https://www.researchgate.net/profile/Diego_Suarez3/publication/258627099
_BIOLOGIA_Y_GERMINACION_DE_SEMILLAS/links/0deec528b72504e64
2000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Diego_Suarez3/publication/258627099_BIOLOGIA_Y_GERMINACION_DE_SEMILLAS/links/0deec528b72504e642000000.pdf)

- Varela, S. A.; Arana, V. 2011.** Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Sistema Forestal Integrado, 1-10.
- Villamil, J. M. P.; García, F. P. 1998.** *Germinación de semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General de Estructuras. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Villarreal, Q. JA 1983.** Malezas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Virgüez, G.; González, E. 1998.** Las Malezas en los Pastizales. Primer curso sobre manejo de pastos y otros recursos alimentarios para la producción de leche y carne con bovinos a pastoreo. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. pp: 136 – 162.
- Willan, R. L. 1991.** Guía de Manipulación de Semillas Forestales con Especial Referencia a los Trópicos. Centro de Semillas Forestales. FAO. 510 pp.