

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL



Bases teóricas del efecto alelopático del coyolillo (*Cyperus spp.*) en leguminosas y diferentes plantas de interés agronómico, sus efectos y aplicaciones.

POR:

Mencia Rodríguez, Mauricio Alejandro

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo.

Universidad de El Salvador, Noviembre 2022.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Bases teóricas del efecto alelopático del coyolillo (*Cyperus spp.*) en leguminosas y diferentes plantas de interés agronómico, sus efectos y aplicaciones.

POR:

Mencía Rodríguez, Mauricio Alejandro

Universidad de El Salvador, Noviembre 2022.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Msc. Roger Armando Arias Alvarado

SECRETARIO GENERAL

Msc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

Ing. Agr. Ph. D. Francisco Lara Ascencio.

SECRETARIO

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL:

Ing. Agr. Andrés Wilfredo Rivas Flores.

---

DOCENTE DIRECTOR

Ing. Agr. Ph. D. Francisco Lara Ascencio

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN:

Ing. Agr. Rafael Antonio Menjivar Rosa

## RESUMEN

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicada en Autopista Norte y Final 25ª Avenida Norte, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador; con coordenadas gráficas 13°43'06"N 89°12'11"O, comprendiendo de mayo de 2020 a agosto del 2021. Con la presente investigación de carácter bibliográfico se buscó recopilar información orientada a determinar el efecto alelopático del coyolillo (*Cyperus rotundus*) sobre algunas leguminosas de cobertura y los principales cultivos de interés económico. El orden y enfoque en cuestión, es el establecido por Gómez-Luna et al. (2014) a fin de presentar una respuesta y conceptualizar las bases teóricas de la alelopatía, así como comprender la interacción de las malezas con las plantas de interés agrícola y económico. Entre los resultados más relevantes destaca que la alelopatía es una de las formas de control entre plantas más eficaces y menos conocido que existe y depende de muchos factores para poder analizar el fenómeno alelopático como tal, por lo que es determinante conocer cuáles son las formas de distribución de las plantas en los agroecosistemas y como conviven entre ellas para determinar que roles cumplen en los ciclos biológicos. Por otro lado, las plantas indeseadas o mejor conocidas como malezas o vegetación espontánea, son una de las principales causas de pérdidas económicas en cultivos de interés, por lo tanto, es necesario conocerlas como se distribuyen y cuáles son sus formas de diseminación y posterior manejo. Se destaca, además, que plantas como el coyolillo (*Cyperus sp*) es considerado la maleza con mayor incidencia, en el desarrollo de muchas especies de cultivos compitiendo, tiene de manera más agresiva por los nutrientes del suelo y debido a que es una planta C4, muy eficiente y de rápida propagación por medio de los bulbos radicales principalmente. Además, se comprueba que sus exudados radicales tienen efecto alelopático en los cultivos dificultando la germinación y el desarrollo inicial de muchos cultivos de interés económico.

Palabras clave: (plantas C4, alelopatía, agroecosistemas, leguminosas de cobertura)

## SUMMARY

The research project will be carried out at the University of El Salvador, Faculty of Agronomic Sciences, located at Autopista Norte and Final 25a Avenida Norte, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador. With graphic coordinates 13 ° 43'06 " N 89 ° 12'11 " W, ranging from May 2020 to August 2021..

The experiment will consist of investigating the allelopathic effect of Coyolillo (*Cyperus rotundus*), on the four legumes under study which are: Cannavalia (*Cannavalia ensiformes*), Rice bean (*Vigna umbellata*), Mucuna (*Mucuna pruriens*) and Crotalaria (*Crotalaria longirostrata*), and in addition to other crops of economic interest.

The research is theoretical and seeks to relate the effects of weeds, especially coyolillo, in the development of legumes and other crops of agricultural and economic interest, based on factors such as the types of coexistence between the plants, the allelopathic effect and the climatic conditions of agro-ecosystems.

Plant species will be investigated from the point of view of plant physiology and ecology, in addition to the biochemical characteristics that are present in each part of the plants and that generate allelopathic substances.

The concepts of laboratory and field techniques to determine the allelopathic phenomenon of the species will be investigated, techniques such as extraction by dilution of aqueous extracts, agar media, root exudates and other techniques that seek to determine the allelopathic effects in plants and that affect the germination and vegetative development of plants.

Keywords: (C4 plants, allelopathies, agroecosystems, cover legumes)

## AGRADECIMIENTOS.

A DIOS por permitirme seguir todo este proceso de formación profesional como ingeniero agrónomo, por siempre cuidarme y protegerme en este arduo camino y por levantarme a pesar de las caídas y ayudarme a culminar esta carrera que tanto me apasiona.

A MI MADRE por su amor y apoyo incondicional y por ser una de las pocas personas en creer en mí, a pesar de las dificultades y brindarme sus consejos valiosos.

A MIS HERMANOS por apoyarme durante mi formación en todo lo que a ellos les fue posible siendo de gran ayuda para poder culminar mi carrera.

A LOS DOCENTES DE LA FACULTAD por cada conocimiento impartido durante cada una de las materias cursadas durante el pensum y que, me servirán para mi desenvolvimiento en el ámbito profesional.

A MIS ASESORES Dr. Francisco Lara Ascencio, Lic. Ada Yanira Arias de Linares y Ing. Agr. Andrés Wilfredo Rivas Flores por el apoyo y la guía invaluable para poder desarrollar esta investigación y por su calidad humana.

A LA FACULTAD de Ciencias Agronómicas por la formación académica implementada en estos años.

## DEDICATORIA

A DIOS todopoderoso por siempre cuidarme y jamás abandonarme en las adversidades y por permitirme tener el honor de poder culminar mi formación profesional

A MI MADRE Lucila Ivette Mencía Rodríguez por todo su amor incondicional y por todo el apoyo brindado y por creer en mis capacidades, porque nunca me abandonaste a pesar de tener días muy difíciles en este camino.

A MI TIO Dr. Don Rodríguez Mencía Rodríguez por ser como un padre y por siempre motivarme a seguir adelante, por los consejos sabios y por todo el apoyo brindado

A MIS HERMANOS Allison Gabriela Mencía, Roberto Carlos López Mencía y Karen Ivette López Mencía por tanto cariño y apoyo durante mi formación académica.

A MI ASESOR PRINCIPAL Dr. Francisco Lara Ascencio por todo su apoyo y su paciencia para con mi persona por ser una persona tan especial y por toda la ayuda en el desarrollo de la investigación que fue primordial.

A MIS AMIGOS Elvis, Mónica, Marcos, Ezequiel, Pablo, Bryan, Eduardo, Doris, Pamela por todos estos años de amistad y su apoyo incondicional en la vida y en la etapa de formación académica.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
SUMMARY .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA .....	vii
INDICE GENERAL .....	viii
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE CUADROS DE ANEXO.....	xi
1.INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGIA DE INVESTIGACION.....	3
2.1. Definición del problema .....	3
2.2. Búsqueda y colecta de información bibliográfica .....	4
2.3. Lectura del material bibliográfico. ....	4
2.4. Organización de la información. ....	4
2.5. Análisis y redacción del informe. ....	4
3.REVISION BIBLIOGRAFICA.....	6
3.1. Malezas.....	6
3.1.1. Descripción de las malezas .....	6
3.1.2. Manejo de malezas. ....	6
3.1.3. Importancia de la evaluación sistemática de las poblaciones de malezas.....	7
3.1.4. La Eco- Biología de las malezas. ....	8
3.1.5. La competencia de las malezas y umbrales de daños económico. ....	10
3.1.6. Malezas con potencial alelopático.....	12
3.1.7. Biocontroladores de malezas. ....	12
3.1.8. El manejo integrado de malezas (MIM).....	13
3.2. Coyolillo ( <i>Cyperus spp</i> ). ....	13
3.2.1. Descripción del Coyolillo ( <i>Cyperus spp.</i> ).....	13
3.2.2. Origen y distribución del coyolillo. ....	13
3.2.3. Impacto e importancia del coyolillo. ....	14

3.2.4. Efecto del coyolillo en los principales cultivos de interés económico.....	14
3.2.5. Efecto del coyolillo sobre el desarrollo y crecimiento de la canavalia.....	15
3.2.6. Efecto alelopático de extractos acuosos de <i>Cyperus rotundus</i> y <i>Crotalaria juncea</i> sobre malezas y cultivos anuales.....	16
3.3. Leguminosas de cobertura.....	17
3.3.1. ( <i>Canavalia ensiformis</i> ).....	18
3.3.2. Descripción del cultivo de <i>Canavalia</i> .....	18
3.3.3. Origen y distribución.....	18
3.3.4. Fisiología y agroecología del cultivo de <i>Canavalia</i> .....	18
3.3.5. Importancia del cultivo de <i>canavalia</i> .....	19
3.3.6. ( <i>Mucuna pruriens</i> ).....	19
3.3.7. Origen y distribución.....	19
3.3.8. Descripción del cultivo de <i>Mucuna</i> .....	19
3.3.9. Fisiología y agroecología del cultivo de <i>Mucuna</i> .....	20
3.3.10. Importancia del cultivo de <i>Mucuna</i> .....	20
3.4. <i>Crotalaria</i> ( <i>Crotalaria juncea</i> ).....	20
3.4.1. Descripción del cultivo de <i>crotalaria</i> .....	21
3.4.2. Origen y distribución.....	21
3.4.3. Fisiología y agroecología del cultivo de <i>crotalaria</i> .....	21
3.5. ( <i>Vigna umbellata</i> ).....	22
3.5.1. Descripción del cultivo de Frijol Arroz ( <i>Vigna umbellata</i> ).....	22
3.5.2. Fisiología y Agroecología del Frijol Arroz.....	22
3.6. Las leguminosas como cultivos de cobertura.....	23
3.6.1. Evaluación de leguminosas de cobertura para el control de malezas.....	23
3.6.2. Efecto de las leguminosas de cobertura sobre el coyolillo.....	23
3.6.3. Fisiología y bioquímica de las leguminosas.....	24
3.7. Formas de convivencia de las plantas.....	25
3.7.1. Competencia.....	25
3.7.2. Comensalismo.....	25
3.7.3. Mutualismo.....	26
3.7.4. Parasitismo.....	26
3.8. La alelopatía.....	26
3.8.1. La Alelopatía en la agricultura.....	28

3.8.2. Alelopatía positiva y negativa.....	29
3.8.3. Efectos primarios y secundarios de la alelopatía.....	29
3.8.4. Efectos negativos de la alelopatía.....	30
3.8.5. Efectos positivos de la alelopatía. ....	31
3.8.6. Efectos de la alelopatía sobre la fotosíntesis. ....	31
3.8.7. Aportes de la alelopatía a la sanidad vegetal y manejo de malezas.....	33
3.8.8. Mecanismos de acción de las sustancias alelopáticas.....	35
3.8.9. Actividad alelopática in vitro y selección en medio AGAR.....	35
3.9. Agentes alelopáticos, sus metabolitos primarios y secundarios.....	36
3.9.1. Metabolitos primarios.....	37
3.9.2. Metabolitos Secundarios.....	37
3.9.3. Diferenciación de Metabolitos primarios y secundarios.....	37
3.9.4. Uso de los Metabolitos secundarios.....	37
3.9.5. Propiedades biológicas de los Metabolitos secundarios y formas de diseminación.....	38
3.9.6. Funciones de los Metabolitos secundarios y sus precursores.....	39
3.9.7. Clasificación de los Metabolitos secundarios mediadores de relaciones bióticas.....	41
3.10. Producción de aleloquímicos.....	42
3.10.1. Influencia de la sombra.....	42
3.10.2. Compuestos alelopáticos que median en la invasión de las especies.....	43
3.10.3. Descomposición de residuos vegetales.....	43
3.10.4. La ruta de liberación de los aleloquímicos.....	44
3.11. Compuestos químicos y su incidencia en el desarrollo de las plantas.....	44
3.11.1. Compuestos fenólicos.....	44
3.11.2. Compuestos Alifáticos.....	45
3.11.3. Volatilización de Compuestos.....	45
2.RESULTADOS Y DISCUSIÓN (Asimilación teórica).....	47
3.CONCLUSIONES.....	53
4.RECOMENDACIONES.....	55
5.BIBLIOGRAFIA.....	56
6. ANEXOS.....	64

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Altura de las plantas (en cm) de <i>Canavalia ensiformis</i> en presencia y ausencia de <i>Cyperus rotundus</i> . (Promedio de 10 plantas).	16
---	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conteo de malezas utilizando un cuadro de madera.....	8
Figura 2. Ciclo de una maleza anual.	9
Figura 3. Ciclo de una maleza perenne.....	10
Figura 4. Periodo crítico de competencia de las malezas.....	11
Figura 5. Altura de planta de ocho especies con la aplicación de extractos vegetales, evaluadas en post-emergencia a los 18 D.D.A.....	17
Figura 6. Respuestas alelopáticas. ....	28
Figura 7. Tipos de alelopatía por a) extractos volátiles, b) exudados radiculares y c) descomposición de desechos vegetales.	30
Figura 8. Alelopatía según su liberación. ....	35
Figura 9. Rutas de biosíntesis de los aleloquímicos.....	40
Figura 10. Rutas de biosíntesis de los aleloquímicos.	42

## INDICE DE CUADROS DE ANEXO

Tabla A 1 Potencial alelopático de compuestos volátiles	64
Tabla A 2. Potencial alelopático de lixiviados	65
Tabla A 3. Potencial alelopático de algunos exudados de raíces.	66
Tabla A 4 Potencial alelopático de los residuos en descomposición.	68

## 1. INTRODUCCIÓN

Las formas de convivencia entre plantas es la que determina el desarrollo de las plantas en los agroecosistemas, además de categorizar que tipo de plantas son o que rol cumplen, por lo que en los nichos biológicos existen muchas relaciones benéficas como negativas siendo generalmente la competencia de espacios y recursos lo que determinan en el desarrollo vegetativo.

Dicho lo anterior, se determina que las plantas que están en una parcela y que no son de interés económico y que se diseminan generalmente por factores naturales o por consecuencias de mal manejo humano de las parcelas compitiendo por recursos y espacio con las plantas de interés agronómico, estas plantas generalmente se les conoce como malezas.

Por otro lado, la alelopatía es el área de la botánica que estudia, trata y aprovecha las propiedades químicas que poseen las plantas para rechazar, proteger, evitar, atenuar, estimular o inhibir a los agentes patógenos o depredadores externos que pudieren afectar o estar vinculados con el vegetal. Estudia los metabolitos secundarios producidos por las propias plantas para su autodefensa, que son generados cuando la planta siente un estímulo antagónico externo que posiblemente le está causando daño a su estructura vegetal; estos aleloquímicos son generalmente llamados fitoalexinas (Cárdenas 2016).

La cantidad de sustancias orgánicas liberadas bioquímicamente por las plantas tienen una estrecha relación con los estratos edáficos que están en constante descomposición de los residuos de las especies vegetales al nivel de micro y macro flora, lo mismo se dice de las especies animales los cuales también tienen una relación estrecha con los procesos de transformación del suelo (FAO 2014).

La igualdad entre alelo químicos naturales y herbicidas sintéticos en la supresión vegetal, sugiere que la alelopatía posee gran potencial para el manejo de las plantas no deseadas, pudiendo ser una herramienta más para implementar en un plan de manejo integrado de malezas, disminuyendo la dependencia de los herbicidas químicos (Veliz 2018).

En la actualidad resulta de gran importancia investigar y encontrar las variantes que permitan el desarrollo de una agricultura rentable y no contaminante del medio ambiente. Sin embargo,

en la agricultura el uso de productos químicos aumenta notablemente los rendimientos y la rentabilidad de los cultivos, pero la utilización constante de estos puede alterar el medio biológico, provocando graves daños en los diversos ecosistemas, la utilización de residuos alelopáticos, como una herramienta de manejo en los cultivos, puede ser uno de los usos más prácticos y aplicables de la alelopatía en los agro ecosistemas (Blanco 2006).

Con base a las consideraciones anteriores, la presente investigación busca presentar una respuesta y conceptualizar las bases teóricas de la alelopatía, así como estudiar la interacción de las malezas con las plantas de interés agrícola y económico del efecto alelopático del coyolillo en leguminosas y los principales cultivos de interés económico.

## 2. METODOLOGIA DE INVESTIGACION.

La presente investigación es de carácter bibliográfico y tiene como objeto, establecer la relevancia e importancia del tema conducente a asegurar la originalidad de la investigación y cumplir con el objetivo de recopilar información orientada a determinar el efecto alelopático del coyolillo (*Cyperus rotundus*) sobre algunas leguminosas de cobertura y los principales cultivos de interés económico. El orden y enfoque en cuestión, es el establecido por Gómez-Luna et al. (2014) quienes consideran cuatro etapas para investigaciones de este orden ellas son:

### 2.1. Definición del problema

En la actualidad los agricultores tienen que lidiar con muchas problemáticas para la producción agrícola, principalmente las especies vegetales conocidas como malezas, malas hierbas, malezas o simplemente plantas indeseables, es por ello que se debe de conocer el carácter competitivo de estas plantas sin menoscabo del deterioro ambiental.

Una característica notable de la mayoría de las plantas terrestres es que en su estado adulto son sedentarias y aunque algunas especies de plantas pueden desarrollarse vegetativamente en diferentes direcciones desde su lugar de anclaje, la mayoría permanecen en el mismo lugar de su germinación.

No obstante, la germinación, el establecimiento de la plántula, su crecimiento, reproducción y forma de dispersarse; son afectados de manera notable por las características del medio de crecimiento. Así las sustancias liberadas por las plantas vecinas, pueden afectar la germinación de las semillas y el establecimiento de la plántula. También es de reconocer que las plantas que están sujetas a desarrollarse en el mismo lugar de su germinación experimentan competiciones provenientes de sus vecinos u otro tipo de convivencia de afecta o favorece su desarrollo.

En tal sentido, el desarrollo vegetativo de los cultivos es de gran importancia y está relacionado con factores de igual importancia como el clima, agua, y el manejo agronómico que se le da a los cultivos; es por ello, que es necesario realizar investigaciones para conocer y entender algunos fenómenos bioquímicos que se generan entre plantas y que determinan el desarrollo de las especies que conviven en un agroecosistema específico. Es por ello que esta

investigación se realizará a partir de encontrar respuestas a ¿Cuáles serán los efectos alelopáticos entre coyolillo (*Cyperus rotundus*) sobre canavalia (*Cannavalia ensiformes*), crotalaria (*Crotalaria longistrata*), frijol arroz (*Vigna umbellata*) y mucuna (*Mucuna pruriens*) sus componentes, interacciones y bases teóricas implicadas?

## 2.2. Búsqueda y colecta de información bibliográfica

Definido el problema y objetivos de investigación se procedió a la consultar libros, artículos científicos, tesis, fuentes electrónicas en internet, revistas y otros materiales de apoyo ya sea en español o en idioma ingles con el fin de recopilar información acerca del tema en estudio en el cual se compara el coyolillo y su efecto alelopático sobre 4 tipos de leguminosas y otras plantas de interés económico con el fin de determinar la interacción de las malezas con las plantas, sus formas de convivencia y cuáles son los compuestos o aleloquímicos que inciden en el desarrollo de las plantas en estudio.

La búsqueda bibliográfica se estructuró a partir de las generalidades de las plantas involucradas en la investigación, el concepto de malezas, las formas de convivencia de las plantas, la alelopatía y sus metabolitos, propiedades de los metabolitos entre otros.

## 2.3. Lectura del material bibliográfico.

Se realizó una lectura de las fuentes bibliográficas encontradas acerca de la temática en estudio con el fin de recopilar la información que tenga relación a la investigación y dándole un ordenamiento lógico y comprensible para quienes quieran leer el documento final.

## 2.4. Organización de la información.

Por medio de lecturas del material encontrado se buscó un orden lógico de la información recopilando los aspectos más importantes relacionados con el tema y problema de investigación. Es decir, la información encontrada se organizó de forma sistemática, tomando en cuenta la relevancia. Lo anterior proveyó las bases para organizar la información de manera jerárquica y diferenciar los contenidos de interés, proveyendo un índice de contenido.

## 2.5. Análisis y redacción del informe.

En este apartado se realiza un análisis sobre las principales ideas plantadas en los documentos, lectura de los resúmenes y las conclusiones para cada una de las fuentes seleccionadas, se identificó el aporte al problema de investigación propuesto.

Se buscó dar un orden lógico final y con sentido a la información teórica encontrada por las diferentes fuentes disponibles que se utilizaron para la realización del estudio y en las cuales existen diferentes partes en la estructura del documento final con títulos y subtítulos por cada literal, además, se añadió una asimilación teórica la cual consiste en una derivación del conocimiento y que plasma un criterio de entendimiento de la información; es decir, la asimilación ocurre cuando una nueva información es integrada en una estructura cognitiva más general, de modo que hay una continuidad entre ellas y la una sirve como expansión de la otra; es decir, generar aprendizaje y conocimiento.

### 3 REVISION BIBLIOGRAFICA.

#### 3.1. Malezas.

##### 3.1.1. Descripción de las malezas

La incidencia nociva de las plantas indeseables, también conocidas como malezas o malas hierbas, es uno de los mayores obstáculos a la producción agrícola del mundo. Malezas son aquellas plantas que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor. En el contexto agro-ecológico, las malezas son producto de la selección interespecífica provocada por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, lo que condujo a alterar el suelo y el hábitat (FAO 2005).

El proceso de selección es continuo y dependiente de las prácticas que adopte el agricultor. El uso actual de los herbicidas químicos ha originado importantes cambios en la flora de plantas indeseables en las áreas agrícolas, tanto en especies que predominan sobre el resto de la vegetación, como de biotipos de otras especies resistentes a los herbicidas químicos en uso (FAO 2005).

Según Baigorria et al, (2015) la falta de rotación de cultivos y la excesiva dependencia en el control químico han favorecido la aparición de malezas tolerantes y resistentes. Los cultivos de cobertura invernales representan una práctica con potencial para reducir la presencia de malezas problemáticas, los cultivos de cobertura controlan a las malezas por: competencia, formar una barrera a la entrada de luz, regular la temperatura del suelo impidiendo la amplitud que favorecería la emergencia y también producen efectos alelopáticos

##### 3.1.2. Manejo de malezas.

Según la FAO (1996) la correcta identificación de las especies es indispensable en la evaluación de la población de malezas. Los agricultores de una localidad en un mismo país tienden normalmente a llamar las especies de plantas de una forma distinta a la de otra localidad, lo cual puede crear ciertas confusiones con los nombres vulgares usados para las malezas.

Para evitar estos problemas, se puede crear un herbario local por parte del servicio de extensión agrícola y los agricultores con la cooperación de los grupos nacionales en taxonomía de plantas. En este caso, se deberá poseer una lista clara de los nombres vulgares más

comúnmente utilizados y disponer de una sinonimia de éstos con sus nombres científicos respectivos (FAO 1996).

Es recomendable que cada país disponga de una publicación con la flora ilustrada de plantas indeseables del país, de manera que sirva para la correcta identificación de las malezas. Esta publicación puede también hacerse para regiones geográficas o grupo de países afines. La evaluación de las malezas realizada con regularidad, con sus datos debidamente procesados y utilizados, es la base esencial para establecer un programa técnicamente útil de control de malezas (FAO 1996).

### 3.1.3. Importancia de la evaluación sistemática de las poblaciones de malezas.

El comportamiento de la flora indeseable a diferencia de otras plagas, las plantas indeseables casi siempre aparecen en un complejo mixto de especies que permanecen en equilibrio hasta que el ecosistema es afectado por prácticas de labranza u otras medidas agronómicas, como la fertilización, aplicación de plaguicidas químicos e irrigación (FAO 1996).

La alteración de la flora natural conduce a la eliminación de unas especies y la predominancia de otras, que son resistentes o adaptadas a las medidas de control usadas. Por esto la evaluación sistemática de la población de malezas se hace indispensable en las áreas de cultivo como guía de las medidas de control a desarrollar. La evaluación de las poblaciones de malezas puede realizarse mediante diversos procedimientos (FAO 1996).

Esta puede hacerse contando el número de individuos de cada especie combinado con el peso de la masa seca del total de malezas o por evaluación visual de la cobertura existente (ver fig. 1), que, aunque subjetiva, parece ser la más productiva, ya que requiere de menos personal y recursos en general (FAO 1996)



Figura 1. Conteo de malezas utilizando un cuadro de madera.

#### 3.1.4. La Eco- Biología de las malezas.

Según la FAO (2005) para desarrollar un correcto programa de control de malezas es importante conocer los hábitos de las malezas dentro de los campos agrícolas y la forma en que interfiere con el cultivo. De acuerdo a su ciclo biológico, las malezas se clasifican como anuales (fig. 2) y perennes (fig. 3) Tal capacidad de persistir por cortos o largos períodos de vida está dada fundamentalmente por las vías de reproducción que posea la planta.

La planta que se reproduce por vía sexual, o sea a través de sus semillas, solo persiste por breves períodos de tiempo, los que son variables en dependencia de la especie, clima y otras condiciones bióticas y abióticas, mientras que las especies perennes sobreviven por tiempo más prolongado, ya que se reproducen también por vía agámica, o sea a través de estolones,

rizomas, tubérculos o bulbos. Por lo tanto, para tener un conocimiento de una especie de maleza de importancia se debe estudiar:

- Fases de desarrollo de la planta, definiendo las fases fenológicas en la que comienza un determinado modo de reproducción. Este estudio en un país de clima cálido debe realizarse en las distintas épocas del año, pues variaciones importantes pueden tener lugar.
- Tasas de reproducción de la planta bajo diferentes condiciones o épocas del año.
- Viabilidad de los órganos de reproducción, períodos y condiciones óptimas de germinación.
- El número de emergencias o cohortes de las malezas en el ciclo del cultivo.

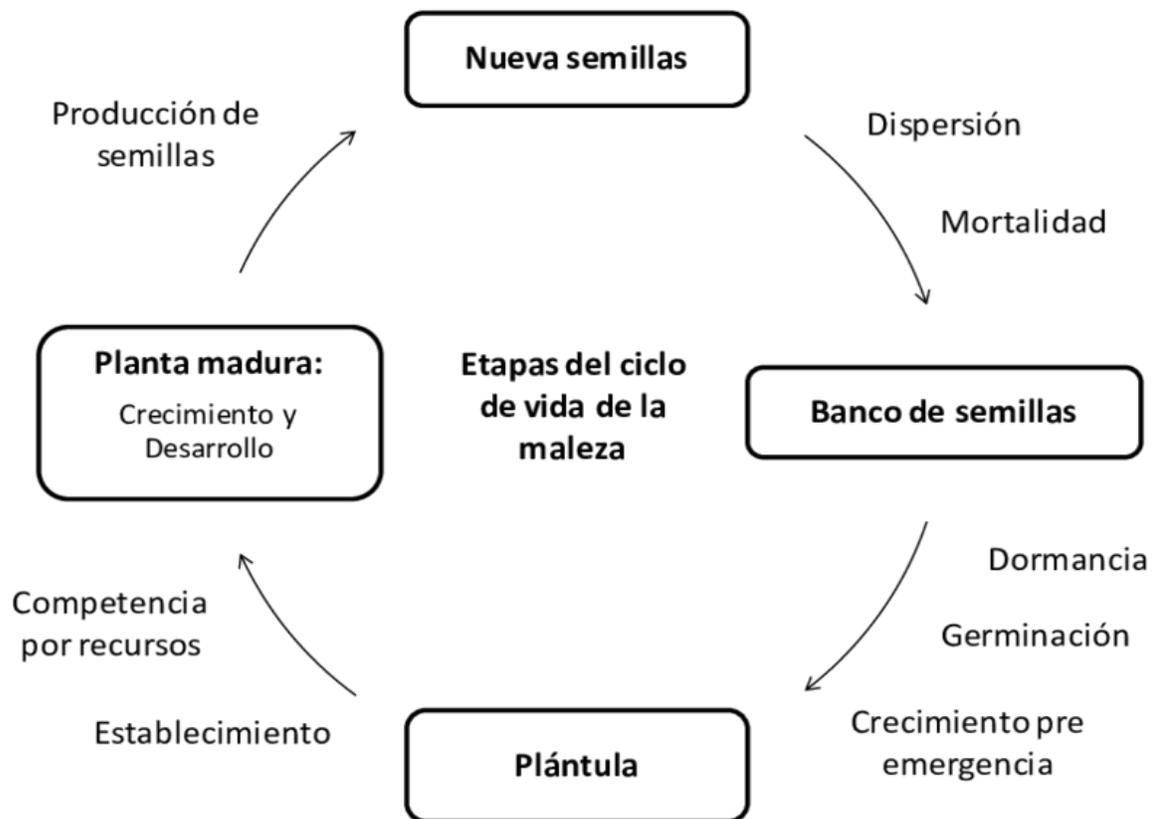


Figura 2. Ciclo de una maleza anual.

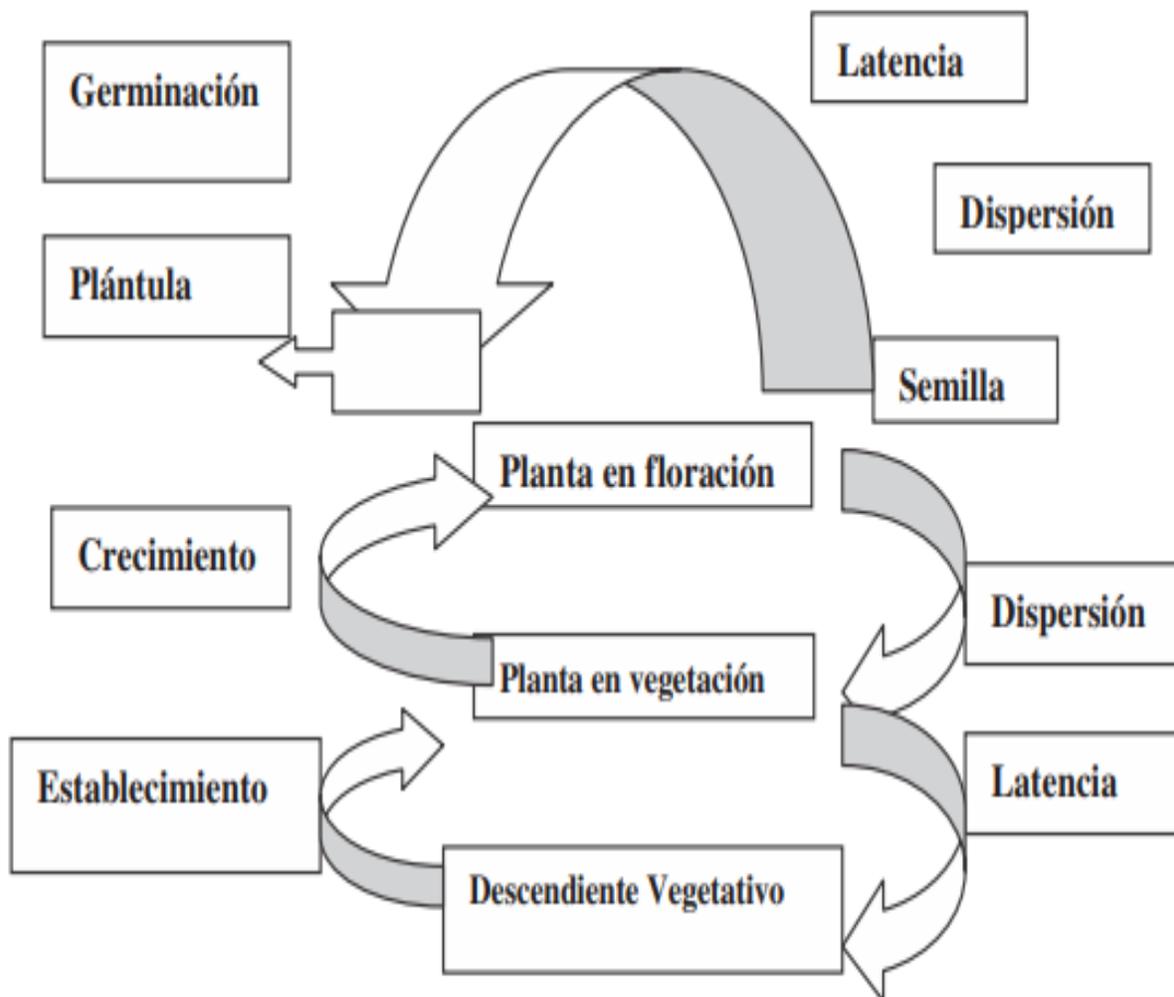


Figura 3. Ciclo de una maleza perenne.

### 3.1.5. La competencia de las malezas y umbrales de daños económico.

La competencia por la luz, los nutrientes y el agua es una de las vías de las malezas para interferir con el crecimiento normal de los cultivos. Para comprender la competencia, es común estudiar el llamado “período crítico” de competencia de las malezas, el que se define como el período durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir las pérdidas de rendimiento (FAO 2005).

El período crítico se determina experimentalmente mediante la inclusión de malezas durante determinados períodos a partir de la siembra o trasplante del cultivo y aplicando también

inversamente la no presencia de malezas en los ensayos en idénticos períodos de tiempo. Los resultados de rendimientos del cultivo bajo la influencia de las malezas en los distintos períodos permiten determinar el período más conveniente de control de las malezas (ver fig. 4). (FAO 2005).

Según la FAO (1996). El uso de los umbrales está bastante generalizado en países desarrollados. Por lo general se establecen poblaciones que sirven de índice para la realización de tratamientos de control de malezas, particularmente de aplicaciones pos-emergentes de herbicidas.

La determinación de estos índices (umbrales) poblacionales se realiza mediante la estimación de la pérdida de rendimiento causada por una población o cobertura de malezas y que equivale al costo de la medida de control a implementar. De hecho, el umbral justifica implementar económicamente una medida de control. La adopción de los umbrales parece más apropiada en aquellos lugares donde predomine una especie de malezas o donde las poblaciones sean menos abundantes.

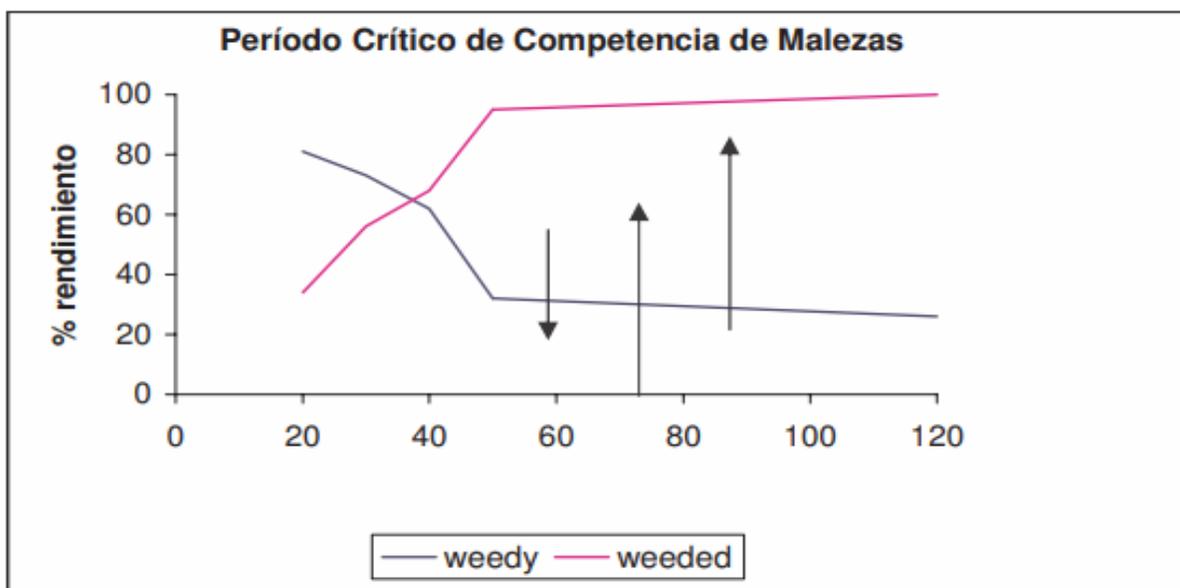


Figura 4. Período crítico de competencia de las malezas.

Leyenda: las primeras flechas ascendente y descendente muestran el Período Crítico de Competencia de Malezas. La última flecha ascendente muestra el Período Libre de Malezas, el cual indica que para obtener altos rendimientos del cultivo no hay necesidad de deshierbar durante todo el ciclo del cultivo.

Estas indicaciones sobre períodos críticos de malezas son útiles para el agricultor, pues su conocimiento permitirá planificar adecuadamente las faenas de control de malezas y economizar más el tiempo laboral disponible. No es extraño ver en ocasiones agricultores realizando desyerbes en períodos muy posteriores al período crítico de malezas, lo que se traduce en una pérdida irreparable de tiempo y recursos. La determinación de los períodos críticos debe desarrollarse en distintas localidades, siempre tomando en cuenta la diversidad del cultivo y la variación de la población de malezas de un lugar a otro en el territorio de un país (FAO 2005).

#### 3.1.6. Malezas con potencial alelopático.

Según FAO (1996) el fenómeno de liberación de sustancias fitotóxicas o fitoestimulantes por las partes aéreas y subterráneas de una planta es lo que se conoce como alelopatía. La liberación de las sustancias biológicamente activas puede tener lugar también a través de los residuos de una misma planta. Es por esto último que es conveniente estudiar el efecto de los residuos de las malezas sobre las plantas cultivables utilizadas en la rotación de cultivos, para así conocer los posibles daños y buscar formas para evitarlos en el proceso de preparación del terreno.

Un campo mal preparado, con alta presencia de residuos de malezas alelopáticas a la planta a cultivar, puede reducir considerablemente la germinación de la planta cultivable. También resulta importante evaluar el potencial alelopático de variedades de cultivo sobre especies de malezas de importancia. El uso de una variedad productiva y que posea además propiedades inhibitorias sobre algunas especies de malezas puede ser de enorme valor para el manejo integrado de malezas.

Una planta cultivable puede resultar alelopática en dependencia de su densidad de siembra, fenómeno que no debe confundirse con la competencia. Marcos de siembra menos distantes por lo general pueden aumentar el efecto inhibitorio del cultivo alelopático sobre determinadas malezas, lo cual debe ser también objeto de estudio.

#### 3.1.7. Biocontroladores de malezas.

Corresponde a la utilización de organismos vivos para disminuir la población de malezas a niveles en los cuales no alcanza un daño económico. Aquí se produce solo una regulación en

la población de la maleza, sin que desaparezca por completo, pero reduciendo las poblaciones a niveles de umbrales económicos aceptables, algunos biocontroladores son hongos fitopatógenos, insectos, extractos de plantas y algunas condiciones de microclimas.

Como el control biológico es específico, no hay agentes biocontroladores de malezas específicas, sino que más bien para malezas que han escapado al control cultural y al control químico y ya tienen una diseminación generalizada en todo tipo de suelos y ambientes (Miranda 2019).

### 3.1.8. El manejo integrado de malezas (MIM).

Utiliza racionalmente todas las alternativas disponibles de manera de reducir las poblaciones de malezas. Estas medidas pueden ser integradas convenientemente en los cultivos según sea la problemática de malezas a controlar.

La aplicación de una u otra o la combinación de dos o más dependerá en gran medida del tipo de malezas presente y su densidad. Por lo general, una medida sencilla de control no es suficiente para prevenir el daño de las malezas sobre el cultivo. El manejo integrado es un sistema de combinación eficaz de medidas de control, que ayuda también a reducir el uso de los herbicidas mejorando los índices de costo-beneficio (FAO 2005).

## 3.2. Coyolillo (*Cyperus spp.*)

### 3.2.1. Descripción del Coyolillo (*Cyperus spp.*)

Planta con tallos delgados, glabros, macizos, de sección triangular, de 15-45 cm de altura. Presenta rizomas delgados y tubérculos en cadena, pequeños, leñosos y sin forma, de donde emergen brotes erectos. Hojas glabras, lineales, muy brillantes, nervadura media prominente, se agudizan abruptamente hacia el ápice. Inflorescencia y flores color rojizo, espigas con antelas simples o poco ramificadas con 4-9 espiguillas por espiga. Frutos aquenios muy pequeños, oblongos castaños o verdosos (Faccini 2011).

### 3.2.2. Origen y distribución del coyolillo.

Es una planta nativa de Eurasia, actualmente está presente en todos los países con climas tropicales y subtropicales, distribuida principalmente en países con un clima más calido, esta planta no soporta temperaturas mínimas a 7 grados centígrados, si es expuesta a dichas temperaturas se empezará a pudrir gradualmente (Villaseñor 1998).

### 3.2.3. Impacto e importancia del coyolillo.

Villaseñor (1998) menciona que se encuentra en aguacate, ajonjolí, alfalfa, algodón, arroz, avena, cacahuate, café, caña, cártamo, cebolla, chile, cítricos, espárrago, frijol, frutales, garbanzo, hortalizas, jitomate, linaza, maíz, mango, melón, nardo, okra, papa, plátano, potrereros, sandía, sorgo, tabaco, tomate, entre otros cultivos

Es una maleza de amplia difusión, puede estar presente en barbechos previos a los cultivos estivales como también en los cultivos de soja, maíz y girasol. También afecta plantaciones de cítricos y otros frutales. Es una especie C4 (plantas que reducen la pérdida de vapor de agua por vía estomática), altamente eficiente. Se propaga principalmente a partir de sus tubérculos y rizomas.

Produce semillas poco viables (5%) por lo que no es un medio significativo para su propagación. A pesar de su tamaño pequeño en relación a la mayoría de las plantas de cultivos, (*C. rotundus*) puede causar importantes pérdidas de rendimiento ya que compete por nitrógeno y puede extraer una gran cantidad de nutrientes del suelo, esta especie vegetal se encuentra generalmente en climas tropicales de todo el mundo (Faccini 2011).

### 3.2.4. Efecto del coyolillo en los principales cultivos de interés económico.

La especie *Cyperus rotundus* conocida como coyolillo o coquito es una planta con propiedades alelopáticas que ocasiona problemas en la agricultura, (*Cyperus rotundus*) es un problema importante en más de 90 países tropicales y subtropicales, siendo la baja temperatura y la humedad los dos factores ambientales determinantes, que delimitan su distribución. Por el efecto de biomoléculas llamadas aleloquímicos como son polifenoles y sesquiterpenos (Miranda 2019).

Algunas especies de plantas denominadas (malezas), adicionalmente a la competencia por agua, luz solar, nutrientes y bióxido de carbono, también segregan sustancias alelopáticas que afectan el normal desarrollo de otras especies de plantas. *Cyperus rotundus* L. resalta por

su importancia agrícola, y es conocida como la peor maleza del mundo y se encuentra en más países, regiones y localidades del mundo que ninguna otra maleza (Holm et al. 1977).

Drost y Doll (1980). en estudios de invernadero, concluyeron que otra especie de *Cyperus* (*C. esculentus* L.) también es capaz de inhibir el desarrollo del maíz y de la soya, tanto con los residuos mezclados con el suelo como con los extractos obtenidos.

Rodríguez (1981). concluye que los rendimientos del maíz se reducen en más de un 70% por efecto de la interferencia (competencia más efecto alelopático del coyolillo), siendo mayor tal efecto (hasta 92%) en aquellas parcelas en las que hay presencia de coyolillo y no hay fertilización. Las malezas son uno de los principales factores que afectan negativamente la producción del maíz a nivel mundial.

Señala que las pérdidas en la cosecha de maíz pudieron haber afectado negativamente la productividad en 45% en Alemania, 30% en Rusia, 50% en India y 40% en Indonesia, si las malezas no hubiesen sido controladas; además, señala que malezas de los géneros *Setaria*, *Echinochloa*, *Amaranthus* y *Cyperus*, causan las mayores pérdidas a escala comercial.

### 3.2.5. Efecto del coyolillo sobre el desarrollo y crecimiento de la canavalia.

*Cyperus rotundus* es una especie que produce sustancias inhibitorias que afectan el desarrollo de cultivos y otras malezas. Una de las características, es su amplia propagación por bulbos, tubérculos y rizomas, que se localizan en los primeros 15 centímetros de profundidad del suelo, por lo que se reproduce de una forma muy rápida y es muy difícil de controlar, lo cual para El Salvador se ha convertido en un grave problema (Lara et al 1997).

El retardo en el crecimiento de la Canavalia, significa que fue un factor aprovechado por el Coyolillo el cual se desarrolló sin mayor restricción alcanzando una altura de dosel de 55 centímetros a los 40 días. Los resultados evidencian que las siembras de Canavalia en suelos infestados con *Cyperus* que ha iniciado el rebrote temprano, los períodos de competencia se inician desde las primeras etapas del crecimiento; por lo que es importante realizar alguna práctica de control contra esta planta durante los primeros 20 días después de la siembra para permitir el crecimiento y desarrollo de la Canavalia (Lara et al 1997).

En un experimento donde se comparó una población de coyolillo de 1200 a 1650 plántulas/m<sup>2</sup> de rebrotes de 1 a 3 centímetros comparado con una siembra de canavalia de (0.80m x0.50m) en donde se hicieron comparaciones muestreando terrenos con presencia de coyolillo y sin

coyolillo bajo parcelas de labranza cero y sin controlar las malezas encontrando diferencias significativas en la altura de las plantas en un muestreo que comprendió desde los 10 días hasta los 40 tomando diez plantas para obtener los datos en centímetros(Lara *et al* 1997).

Cuadro 1. Altura de las plantas (en cm) de *Canavalia ensiformis* en presencia y ausencia de *Cyperus rotundus*. (Promedio de 10 plantas).

<b>Período de muestreo en dds</b>	<b>Con Cyperus</b>	<b>Sin Cyperus</b>	<b>Diferencia en centímetros</b>
<b>10</b>	19.95	17.40	2.6
<b>20</b>	13.60	39.50	5.9
<b>30</b>	60.90	78.20	17.3
<b>40</b>	82.90	108.11	25.2

### 3.2.6. Efecto alelopático de extractos acuosos de *Cyperus rotundus* y *Crotalaria juncea* sobre malezas y cultivos anuales.

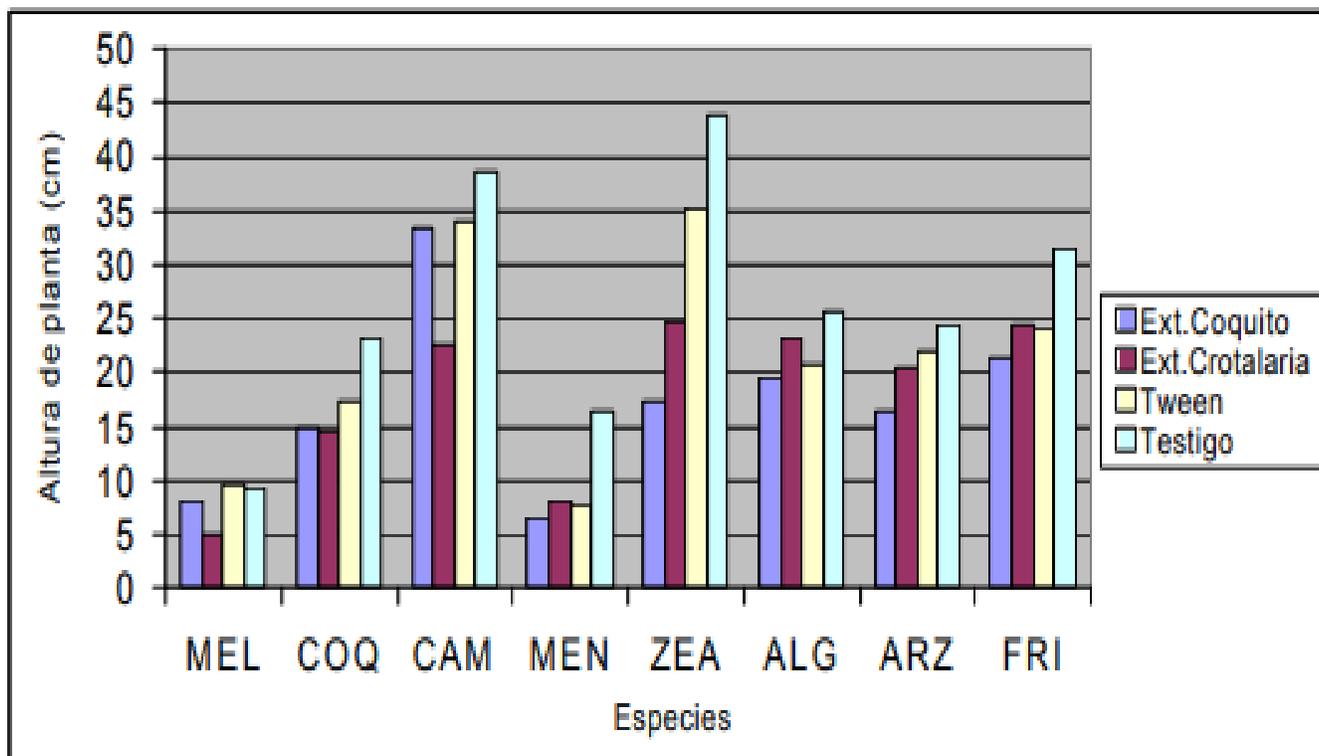
Se obtuvieron los extractos puros por medio del método químico de maceración en frío con etanol al 96%. Los extractos se diluyeron en un emulsificante (Tween 80), dando como resultado 350 g de una emulsión al 80%, con una concentración de 176,000 mg l<sup>-1</sup>. Para la etapa de vivero se colectaron semillas de las malezas coyolillo, caminadora, mentolada y meloncillo y de maíz, algodón, arroz y frijol, con suficiente anticipación para identificar latencia o dormancia, con el fin de estandarizar y asegurar la emergencia al momento de realizar la investigación (Jarma *et al* 2000).

Cada unidad experimental estuvo representada por una bandeja de germinación (72 x 42 cm), donde se sembraron 50 semillas por bandeja, en un sustrato previamente desinfectado con formol y con relación 1:1:1 (aluvión:arena:bovinaza).

Las variables evaluadas fueron porcentaje de emergencia a los 12 días después de la aplicación; masa seca (g), área foliar (cm<sup>2</sup>), altura de planta (cm) y número de hojas por planta a los 18 días después de la aplicación. Las interacciones que resultaron significativas se analizaron por medio de la prueba de “F” para contrastes ortogonales entre totales de  
 Figura 5. Altura de planta de ocho especies con la aplicación de extractos vegetales, evaluadas en post-emergencia a los 18 D.D.A.

Leyenda: (MEL: meloncillo; COQ: coquito; CAM: caminadora; MEN: mentolada; ZEA: maíz; ALG: algodón; ARZ: arroz; FRI: frijol)

tratamientos a un nivel del 5% para cada contraste (testigo vs extractos), previa verificación de homogeneidad de varianzas y normalidad (Jarma *et al* 2000).



Teniendo en cuenta que a partir del día 12 no hubo variación sobre el porcentaje de emergencia, la discusión se basa en los resultados observados hasta ese momento. Todas las malezas y los cultivos presentaron disminución significativa en su porcentaje de emergencia ante la aplicación de cualquiera de los extractos de coquito y crotalaria al ser comparados con el testigo, además de algunas variaciones en la altura (ver fig. 5), (Jarma *et al* 2000).

### 3.3. Leguminosas de cobertura.

Un cultivo de leguminosas de cobertura es definido como “una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación)”. Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas (Borja 2015).

Los cultivos de cobertura se definen como aquellos que crecen específicamente para mantener el suelo cubierto, protegiéndolo de la erosión, evitando la pérdida de nutrientes por lavado y escurrimiento y, en caso de ser leguminosa, incorporando N al sistema, la eficiencia

de uso del N fijado por un CC leguminosa depende de la sincronización entre el momento de aporte del nutriente, el manejo de la fertilización nitrogenada y la demanda del cultivo anual (Borja 2015).

### 3.3.1. (*Canavalia ensiformis*)

Canavalia o conocida como frijol espada, es una especie que se desarrolla vegetativamente en un periodo de tiempo corto y que se adapta a las condiciones tropicales de altas lluvias, temperaturas y días largos de sequía, además producen abundante fitosoma seca y realiza una fijación biológica de nitrógeno (FBN) que oscila entre 140 y 160 kg/ha, en todo su ciclo de vida (Álvarez 2000).

### 3.3.2. Descripción del cultivo de Canavalia

Planta vigorosa herbácea anual trepadora o arbusto leñoso, trifoliolada, folíolos aovados o elípticos, muy acuminada en el ápice, más o menos cuneiforme en la base, hasta de 20 cm de largo y 10 cm de ancho, lisa, con 6 o 7 pares de nervios laterales; con un promedio de hasta 15 ramificaciones que se forman a partir del tallo central. Escasas flores rosas, malvas o blancas, con base roja sobre un eje robusto de unos 2.5cm de largo.

Vaina variable, ensiforme, alargada, de 30 cm de largo o más, con dos nervaduras longitudinales cerca de la sutura superior; con un número de vainas de 7 – 12 por planta, semillas estrechas y elipsoides, blancas, lisas. Cada semilla tiene un hilo pardo que se extiende por una cuarta parte de la misma (Skerman 1991).

### 3.3.3. Origen y distribución

La Canavalia es una planta nativa de América, reportándose su uso en las Indias Occidentales, Panamá, Guyana, Brasil y Perú. Es una planta cultivada en los trópicos y con alguna importancia en la India, Taiwán, Kenia y Hawaii; así como en el este de África. (Rodríguez 2000).

### 3.3.4. Fisiología y agroecología del cultivo de Canavalia

Planta de día corto, es anual, pero se vuelve perenne en zonas húmedas y puede sobrevivir de 2 – 4 años. Posee la capacidad de rebrote después del corte, lo que permite producir más de una cosecha. El desarrollo inicial es rápido, el crecimiento productivo es alto. El sistema radicular presenta alta capacidad de reciclaje de nutrientes (Skerman 1991).

### 3.3.5. Importancia del cultivo de canavalia

Este cultivo figura entre las leguminosas más promisorias actualmente estudiadas, cuyo empleo como abono verde y cultivo de cobertura se fomenta en las zonas tropicales húmedas. Su forraje se utiliza para pastorear bovinos y ovinos y su grano se utiliza para la alimentación de no-rumiantes y rumiantes, en estos últimos sin ningún tratamiento, en tanto que se requiere de procesos físicos, químicos o ambos, cuando se alimenta a no-rumiantes, a fin de eliminar sus factores anti nutricionales (Cuellar et al. 1997).

La canavalia o frijol espada se adapta bien a temperaturas que van desde los 15 – 30°C, con precipitaciones de 640 – 4200mm/año. Crece en los rangos de altitud de 0 -1800 msnm, es tolerante a sequías y a sombra; pero muy poco a inundaciones. Se desarrolla bien en suelos pobres y con poco contenido de Fósforo y se adapta a suelos salinos. El pH es de 4.3 – 8.0; y se adapta a suelos de textura arenoso – franca a arcillosa (Skerman 1991).

### 3.3.6. (*Mucuna pruriens*)

Según Brunner et al, (2011). la mucuna es una leguminosa anual trepadora, de hojas redondeadas y vainas cubiertas de pelos, también conocida como frijol abono o frijol terciopelo, fue introducida en América Central hace más de 70 años por compañías bananeras con el fin de alimentar a las bestias que cargaban con las cosechas de banano, El frijol terciopelo pertenece al género *Mucuna*, el cual incluye aproximadamente 100 especies de bejucos y arbustos que se encuentran a través de las regiones tropicales del mundo.

### 3.3.7. Origen y distribución.

Nativo de la India y el sureste asiático, es común en zonas tropicales húmedas y puede crecer en pastizales, matorrales y bosques ribereños (CONABIO 2016).

### 3.3.8. Descripción del cultivo de *Mucuna*.

La Mucuna es una planta trepadora vigorosa con tallos de hasta 60 pies (18 m) de largo, aunque existen también variedades de bejuco corto. Las hojas son trifoliadas, con hojuelas de 2 a 5 pulgadas (5 a 12 cm) de ancho y 3 a 6 pulgadas (7 a 15 cm) de largo. Las flores blancas o púrpuras son auto fecundadas y se encuentran en racimos axilares de hasta 12 pulgadas (32 cm) de largo.

Las vainas se producen en grupos de 10 a 14, miden de 0.5 a 1 pulgada (1 a 2 cm) de ancho y de 1.5 a 5 pulgadas (4 a 13 cm) de largo, y están cubiertas con finos pelos de color blanco o marrón claro. Cada vaina contiene de 3 a 7 semillas, que son de 0.3 a 0.5 pulgada (0.8 a 1.3 cm) de ancho y de 0.4 a 0.8 pulgada (1 a 1.9 cm) de largo. Las semillas pueden ser negras, blancas, rojizas, marrones o moteadas, y tienen un hilo levantado (Brunner et al, 2011).

#### 3.3.9. Fisiología y agroecología del cultivo de Mucuna.

Es una leguminosa anual a bianual, de crecimiento vigoroso, hábito rastrero, de color blanco con tinte de color púrpura. Dependiendo de la variedad hay grandes cambios en los colores de la semilla, desde negro, marrón, café, blanca, rayadas, jaspeadas. Contiene alto nivel de proteína bruta que oscila entre 11 y 23 % y la digestibilidad es alta de 70%, la mucuna puede desarrollarse en cualquier tipo de pendiente y en cualquier tipo de suelo, con altitudes de (0-1000 msnm) (JICA 2016).

#### 3.3.10. Importancia del cultivo de Mucuna.

Es un gran mejorador de la fertilidad de los suelos debido a la alta absorción de nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ), la empresa internacional dedicada a la producción de frutas United Fruit Company utilizan el cultivo de Mucuna para alimentación animal y para mejorar la fertilidad en las plantaciones de banano, debido a su gran adaptabilidad, fijación de  $N_2$  y efectos alelopáticos es una especie vegetal muy utilizada por pequeños productores con excelentes resultados en sus parcelas agrícolas (Reyes 2013).

#### 3.4. Crotalaria (Crotalaria juncea)

La Crotalaria es una planta de la familia fabaceae y género crotalaria. Comprende más de 600 especies, de las cuales unas 500 se encuentran en África. Su origen está en la India y Asia Tropical. Presenta diversos usos, Fuente de fibra y forraje, capacidad para repeler insectos y

controlar nemátodos y malezas, fija N y mejora la parte física del suelo. Las semillas son tóxicas para el ganado (INIA 2014).

#### 3.4.1. Descripción del cultivo de crotalaria.

Crotalaria es una especie herbácea anual de estaciones de días cortos, con tallos fibrosos erectos, sus hojas oblongo-lanceoladas son simples, y están cubiertas de vellosidades cortas dispuestas en espiral a lo largo del tallo, Las plantas se ramifican aproximadamente 51 cm por encima del suelo, es una planta leguminosa que posee tallos fibrosos y erectos de 6 a 8 pies (1.8 a 2.4 m) de alto. Tiene una raíz pivotal larga y un sistema radical bien ramificado. Las raíces forman nódulos en una relación simbiótica con bacterias beneficiosas que fijan nitrógeno atmosférico.

La planta es sensible al fotoperiodo, floreciendo en días cortos, aunque hay selecciones que no son afectadas por el fotoperiodo. Las flores son grandes y amarillas, y atraen diferentes polinizadores. Las pequeñas semillas germinan rápidamente (3 a 4 días) y las plántulas que emergen crecen con mucho vigor. La planta es resistente a la sequía y se adapta a lugares cálidos (Veliz 2018).

#### 3.4.2. Origen y distribución.

La crotalaria es nativa de India y Pakistán. Durante siglos se ha sembrado crotalaria en el Sudeste Asiático como cultivo de abono verde y ahora se cultiva en muchas regiones tropicales y subtropicales en todo el mundo. Las semillas de crotalaria se producen principalmente en India, Hawái, Colombia y Sudáfrica. En los Estados Unidos, esta planta se ha cultivado como un cultivo de cobertura de verano en los estados del sur, Atlántico Medio, Pacífico y norte de las Grandes Llanuras. Los días cortos desencadenan la floración de esta especie, y se requiere de una larga estación para la fijación completa de la semilla (Avendaño 2011).

#### 3.4.3. Fisiología y agroecología del cultivo de crotalaria.

Es una leguminosa de ciclo anual, que tolera crecer en suelos con porcentajes de acidez medios, aunque deben de estar bien drenados para que la especie desarrolle todo su potencial vegetativo, se adapta a altitudes desde los 0-1100 msnm. Se puede utilizar como abono verde y como fijador de nitrógeno, aproximadamente 180kg/Ha/año (Veliz 2018).

### 3.5. (*Vigna umbellata*).

Es una planta de tallos lisos y erectos, generalmente de hábitos trepadores, Los agricultores comúnmente se comen las vainas tiernas crudas y/o cocidas como vegetales. Las semillas tiernas se hierven y venden como bocadillos en los mercados de las aldeas. Los frijoles secos se cocinan y se combinan con arroz para crear diferentes platos. Después de la cosecha, las plantas y las vainas se usan para alimentar al ganado.

Dado el crecimiento vigoroso de la trepadora la *Vigna umbellata* sirve de barrera cuando utilizando un enrejado, y como cultivo de cobertura para prevenir el crecimiento de malezas y para el control de la erosión. En estos casos, las viñas necesitan ser podadas frecuentemente y dejar el corte en el campo como abono verde (León 2000).

#### 3.5.1. Descripción del cultivo de Frijol Arroz (*Vigna umbellata*).

Planta con un sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias. Los tallos son delgados y débiles, angulosos, y de alturas muy variables. El porte de la planta está determinado por la forma de los tallos; si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal, la planta tendrá un crecimiento determinado (variedades enanas o erectas) y si el tallo no produce esta inflorescencia terminal y las inflorescencias aparecen en las axilas, la planta tendrá un crecimiento indeterminado (variedades guiadoras o trepadoras).

Existen variedades precoces o de maduración uniforme (70 días) de tipo determinado y las tardías (6 a 8 meses), de tipo indeterminado, que presentan maduración desigual; la raíz es profunda y pivotante (hasta 1.95 m.), tiene abundantes ramificaciones laterales, pudiendo alcanzar una longitud de 1.40m Las hojas primarias o embrionarias son unifoliadas y crecen de manera opuesta y las hojas verdaderas son trifoliadas. Es una vaina lineal o encorvada que alcanza un tamaño de 10 a 25 cm de longitud y de 1.5 a 3.2 cm de diámetro teniendo de 6 a 21 granos por vaina. (Albán 2012).

#### 3.5.2. Fisiología y Agroecología del Frijol Arroz.

Es una planta rustica que se adapta a gran variedad de suelos agrícolas, aunque los más recomendados son los de textura franca y con buen drenaje de agua, entre un pH (5.5-6.5),

puede desarrollarse a temperaturas que oscilan entre los 18°C hasta los 40°C. Es muy resistente a la sequía (Albán 2012).

### 3.6. Las leguminosas como cultivos de cobertura.

#### 3.6.1. Evaluación de leguminosas de cobertura para el control de malezas.

Según Rubio (2006). la estructura de costos, el manejo de malezas junto con las aplicaciones de pesticidas y fertilizantes, son las actividades que involucran mayor cantidad de mano de obra y representan los mayores porcentajes de costos en la producción de cultivos.

El porcentaje de cobertura de cada leguminosa permite conocer la capacidad que tiene la especie para ocupar el espacio de suelo que pudiera ser colonizado por diferentes tipos de malezas o arvenses, disminuyendo significativamente los porcentajes de dichas actividades en la participación de la estructura de costos.

#### 3.6.2. Efecto de las leguminosas de cobertura sobre el coyolillo.

Para Rubio (2006) el efecto de la canavalia, dolichos, mucuna, y Cowpea en la población de coyolillo, insectos, nemátodos y fertilidad del suelo. *Cyperus rotundus*, que es catalogada como la peor maleza del mundo, es de los principales problemas que enfrenta el agricultor orgánico y convencional. Un método de control para el coyolillo es el uso de cultivos de cobertura que compiten por luz, nutrientes y tienen efectos alelopáticos, adicionalmente actúan como nematostáticos.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de canavalia (*Canavalia ensiformis*), dolichos (*Dolichos lablab*), mucuna (*Mucuna pruriens*) y cowpea (*Vigna sinensis*) en la población de coyolillo (*Cyperus rotundus*).

Los tratamientos fueron las cuatro coberturas más un testigo que no llevó cobertura y no se desmalezó y un control mecánico que no llevó cobertura y se desmalezó con azadón cada 15 días. Las variables que se midieron fueron: biomasa en fresco y seco de las coberturas, población de *Cyperus rotundus*, insectos plagas y benéficos hospedados, nematodos y aporte de nutrientes al suelo (Rubio 2006).

Se establecieron los cultivos y se mantuvieron durante 90 días, posteriormente las coberturas fueron chapeadas e incorporadas, dejando el terreno en reposo durante 19 días a partir de la mecanización donde se hizo una comparación de la población de *Cyperus rotundus* contra el inicio del experimento (Rubio 2006).

Los resultados mostraron que las coberturas y control mecánico controlaron en un promedio de un 85% a *Cyperus rotundus*, mientras el testigo redujo la población final en un 40%. Las coberturas hospedan insectos plaga como chrysomelidae en los cultivos de mucuna y canavalia; cidadellidae en los cultivos de mucuna y dolichos; también hay insectos benéficos como coccinelidae y formicidae en canavalia y cowpea, respectivamente (Rubio 2006).

También afirma que el control de nematodos, las coberturas actúan como nematostáticos; cowpea y canavalia fueron los mejores tratamientos en el control de nematodos debido a su efecto alelopático seguido de mucuna y dolichos que mantienen las poblaciones. Canavalia y cowpea aportan mayor cantidad de materia orgánica comparando con el resto de tratamientos, canavalia aporta macro y micro nutrientes mientras que el resto de tratamientos no aporta nutrientes debido a que son usados en procesos fisiológicos (Rubio 2006).

### 3.6.3. Fisiología y bioquímica de las leguminosas.

La mayoría de las leguminosas contienen elevados niveles de metabolitos secundarios. Según Escobar (2009). señalan que una gran cantidad de leguminosas arbóreas y arbustivas contienen taninos, saponinas, fitatos, hemaglutininas, aminoácidos tóxicos (canavanina y mimosina), glucósidos cianogénicos, cumarina, flavonol, diversos tipos de fenoles e inhibidores de proteasas, entre otros. De igual manera muchas leguminosas contienen concentraciones variables de taninos condensados que pueden tener efectos benéficos, perjudiciales o hasta tóxicos para los rumiantes.

En una investigación realizada por García et al. (2006). se llegó a determinar que de diez especies de leguminosas forrajeras evaluadas presentaron variaciones en la composición química, se detectó la presencia de taninos, polifenoles, alcaloides y saponinas en diferente porcentaje. Estos compuestos juegan un papel importante como defensa de la planta frente al ataque de todo tipo de depredadores y otros son compuestos de reserva que se acumulan en las semillas y serán utilizados a lo largo del proceso germinativo. Desde el punto de vista bioquímico estos compuestos no aparecen por igual en todas las plantas, sus efectos

fisiológicos son distintos y por lo tanto su metodología de extracción, determinación y cuantificación tiene que ser también muy específica.

Como ejemplo de algunos de estos compuestos biológicamente activos de las leguminosas se pueden citar a aquellos de naturaleza proteica (inhibidores de proteasas, inhibidores de amilasas, lectinas) y los de naturaleza no proteica (glicósidos, aminoácidos libres, alcaloides, fitatos, fitoestrógenos, saponinas, taninos, etc.) (García 2006).

Se ha hecho una investigación en (*Lupinus mexicanus*) de la familia fabaceae para determinar los metabolitos secundarios presentes en dicha especie, se encontró alcaloides quinolizidínicos. Estos metabolitos secundarios son un mecanismo de defensa contra microorganismos fitopatógenos, herbívoros y contra otras especies de plantas que causan competencia (Wink, 1998).

### 3.7. Formas de convivencia de las plantas.

Las especies vegetales generalmente conviven en diferentes nichos ecológicos en donde existen diferentes tipos de relaciones entre sí y las cuales determinan el desarrollo vegetativo de una y otras especies de manera positiva y negativa según sea la relación entre las diferentes especies vegetales y factores como la disponibilidad de nutrientes, el clima y el factor suelo que son determinantes en el tipo de convivencia de las plantas entre las cuales podemos mencionar:

#### 3.7.1. Competencia.

Se da entre plantas que tratan de ocupar el mismo nicho ecológico. Puede ocurrir competencia que se da entre plantas de la misma especie (intraespecífica) o diferentes (interespecífica). La competencia intraespecífica asegura que sólo los miembros más aptos de una especie sobrevivan. En la competencia interespecífica intervienen muchos factores y las especies en pugna pueden ser eliminadas en conjunto o forzadas a ocupar un nicho diferente (Vickery 1991).

#### 3.7.2. Comensalismo.

Esta relación se presenta cuando una planta se beneficia de otra sin hacerle ningún daño, el ejemplo más común es el de las lianas y las epífitas, que viven sobre árboles y arbustos sin

ejercer un efecto nocivo para ellos. Las lianas están arraigadas en el suelo, pero sus tallos necesitan el soporte de otras plantas para que las hojas reciban el máximo de luz. Aunque las lianas pequeñas rara vez dañan a sus hospederos, es importante anotar que las especies más grandes en tamaño, si se encuentran muy abundantes, pueden provocar la muerte mediante asfixia (Vickery 1991).

### 3.7.3. Mutualismo.

Se presenta cuando dos organismos que crecen en estrecha proximidad se benefician uno del otro. El ejemplo más común es el de los líquenes, estos organismos han desarrollado un mutualismo a un grado tan alto que los miembros no pueden subsistir por sus propios medios. La asociación del hongo y del alga en los líquenes es tan exitosa que estas especies son capaces de colonizar áreas donde las condiciones son muy adversas para que crezcan otras plantas (Vickery 1991).

### 3.7.4. Parasitismo.

Se presenta cuando una especie se beneficia a expensas de otra. Las plantas parásitas obtienen nutrientes de otras, por medio de raíces u otros órganos denominados haustorios. La mayoría de las veces, el parásito no mata al hospedador sino que lo debilita, puesto que una mata muerta no le es útil. Sin embargo, este equilibrio podría trastornarse a través de una interferencia externa, y el resultado puede ser fatal tanto para el hospedero como para el parásito.

Por ejemplo, la introducción inadvertida por el hombre de hongos, bacterias y plantas superiores parásitas en nuevos hospederos, carentes de resistencia al parásito, ha conducido al daño completo de plantas de cultivo, y en consecuencia, a la debilidad en gran escala de aquellos organismos que dependen del cultivo para su alimentación (Vickery 1991).

### 3.8. La alelopatía.

Es el área de la botánica que estudia, trata y aprovecha las propiedades químicas que poseen las plantas para rechazar, proteger, evitar, atenuar, estimular o inhibir a los agentes patógenos o depredadores externos que pudieren afectar o estar vinculados con la especie vegetal en estudio (Cárdenas 2014).

La palabra alelopatía proviene de dos voces latinas: Alelon = unos a otros; y phatía = recíproco. Alelopatía: ser recíproco para unos o para otros. La alelopatía estudia los metabolitos secundarios producidos por las propias plantas para su autodefensa, que son generados cuando la planta siente un estímulo antagónico externo que posiblemente le está causando daño a su estructura vegetal; estos aleloquímicos son generalmente llamados fitoalexinas (Cárdenas 2014).

La alelopatía es definida como la influencia directa de un compuesto químico liberado por una planta sobre el desarrollo y crecimiento de otra planta. Es un hecho conocido que sustancias alelopáticas son inducidas por estreses ambientales tal como se indica en la Figura 6. Los compuestos alelopáticos pueden ser liberados de las plantas al ambiente por medio de la exudación de las raíces, lixiviación, volatilización y descomposición de los residuos de las plantas en el suelo (FAO 2014).

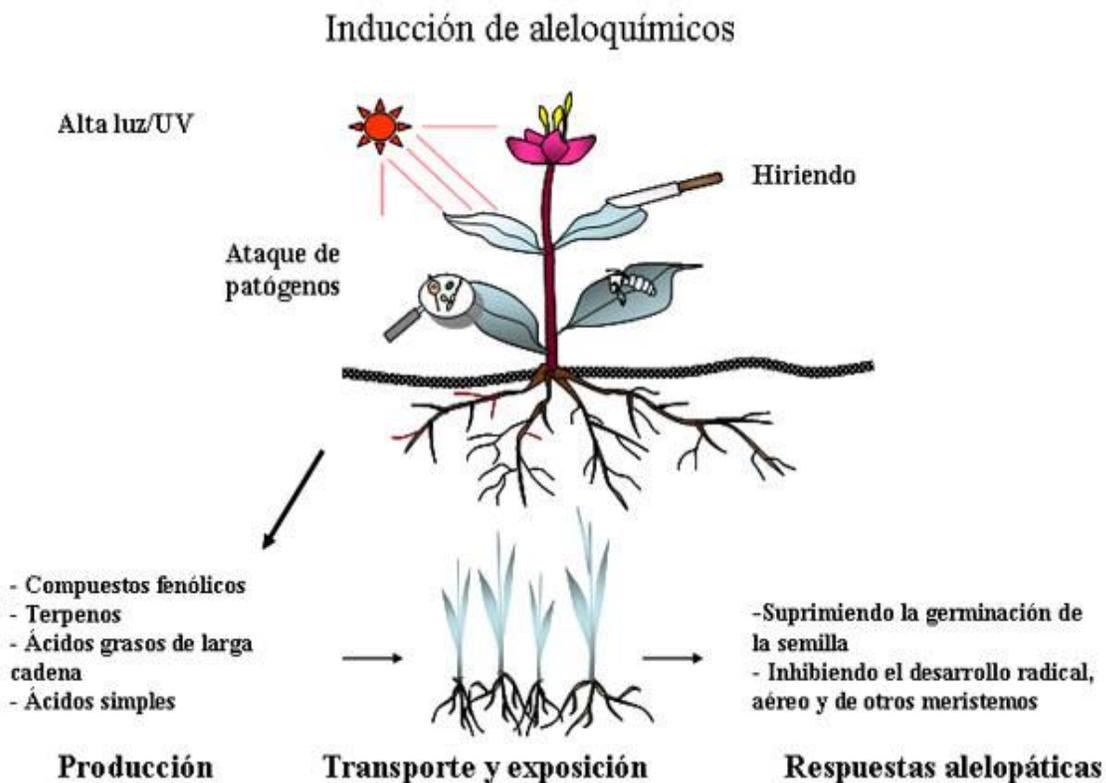


Figura 6. Respuestas alelopáticas.

Leyenda: (MEL: meloncillo; COQ: coquito; CAM: caminadora; MEN: mentolada; ZEA: maíz; ALG: algodón; ARZ: arroz; FRI: frijol)

### 3.8.1. La Alelopatía en la agricultura.

En la actualidad existe una debilidad en el saber de los agricultores en general. Ellos están bien informados del historial de sus parcelas, de los cultivos sucesivos y hasta poseen algunas ideas sobre el comportamiento de las malezas. Sin embargo, frecuentemente deshieren en fases equivocadas del cultivo, desconocen el combate de las malezas a largo plazo mediante la disminución del banco de semillas, y lo que es tan importante, la ecobiología de las malezas y las interferencias que puedan realizar las mismas sobre los cultivos y otras especies de malezas (Labrada et al., 1996).

En este sentido la alelopatía es una alternativa potencial al proporcionar la base científica de las rotaciones y asociaciones de los cultivos, con lo cual se logra un mayor y mejor aprovechamiento del suelo, y también un beneficio ecológico complementario, resultante de las interrelaciones vegetales y animales y un incremento de la diversidad biológica de los agro ecosistemas. Con esto, se han propuesto tecnologías de manejo de malezas basadas en arropes, cultivos de cobertura, cultivos mixtos, rotaciones de cultivos, así como la confección de bioproductos y biopreparados a partir de las mezclas de sustancias contenidas en tejidos de plantas y microorganismos (Hernández 2007).

Estas sustancias se encuentran distribuidas por todos los órganos a concentraciones muy bajas y variables de acuerdo con sus condiciones fisiológicas. Así, la alelopatía es usada hoy día como una herramienta para identificar especies de plantas que puedan presentar efectos fitotóxicos, las cuales contendrán compuestos químicos que muestren esta actividad sobre especies de malezas no resistentes y sus biotipos resistentes. Estos productos que eliminan la competencia de otras especies, o incluso que estimulan la germinación o el crecimiento de otras especies, han despertado interés, principalmente por su posible aplicación en la agricultura, debido, entre otras propiedades, a su actividad herbicida de una manera selectiva (Duke et al., 2000).

Este hecho ha despertado un interés desde el punto de vista agronómico, pues cada vez es más importante la necesidad de encontrar nuevos herbicidas, entre otras causas, por la proliferación de malezas que han mostrado resistencia frente a los herbicidas convencionales, originándose biotipos mucho más difíciles de controlar (Sandermann 2006).

Además de la aparición de estos biotipos resistentes, surge la necesidad de generar herbicidas que produzcan un menor impacto en el ambiente, y cuyos residuos (productos de sus

biotransformaciones) sean inocuos para muchos organismos, entre ellos el hombre, quien ha originado una creciente explotación de las fuentes naturales de compuestos, que, en principio, son más específicos en sus modos de acción, con productos de biotransformación más tolerables por el ambiente (Sandermann 2006).

### 3.8.2. Alelopatía positiva y negativa.

La primera se refiere al efecto benéfico que tiene una planta sobre otra haciendo, que los frutos de la beneficiada sean mejores o alejando plagas que provocarían enfermedades.

La alelopatía negativa es cuando dos clases de plantas no pueden convivir en mismo espacio, porque las sustancias que genera una, resultan tóxicas para la otra, estas sustancias pueden ser segregadas por raíces u hojas generalmente (Mestas 2014).

Generalmente los efectos dañinos causados por la alelopatía son a partir de sustancias liberadas al suelo por la descomposición de los residuos de las plantas que han permanecido en el campo. Las interacciones positivas pueden determinar la distribución espacial de las especies, permitir la coexistencia, realzar la diversificación y la productividad y dirigir dinámicamente la comunidad. Las relaciones espaciales positivas han sido reportadas también en ecosistemas tropicales (Cruz 2012).

### 3.8.3. Efectos primarios y secundarios de la alelopatía.

Los efectos apreciables de las sustancias alelopáticas sobre las plantas (reducción del crecimiento, germinación de las semillas, etc.) solo son manifestaciones secundarias de los cambios que se han producido a escala celular. Por ello, es necesario distinguir los efectos alelopáticos primarios (puntos de acción de las moléculas alelopáticas en las células) de los efectos alelopáticos secundarios (consecuencias de los primeros a nivel de órganos o de la planta completa).

La relación existente entre el efecto biológico del compuesto alelopático y los síntomas observados en la planta no es siempre fácil de establecer. Esta relación se ha estudiado en la lechuga y se ha detectado una relación mitocondrial para ciertos fenoles y su traducción en una ralentización, es decir una inhibición de la germinación de las semillas. Lo más significativo de las investigaciones en la alelopatía ha correspondido a los efectos apreciables de los

compuestos alelopáticos sobre la germinación y el crecimiento especialmente (Chiapusio et al., 2010).

#### 3.8.4. Efectos negativos de la alelopatía.

Generalmente los efectos dañinos causados por la alelopatía son a partir de sustancias liberadas al suelo por la descomposición de los residuos de las plantas que han permanecido en el campo. Diversas especies lixivian sustancias tóxicas desde la parte aérea, a través de la lluvia, el rocío, o por exudaciones radiculares, que inhiben la germinación de las esporas de algunas especies de hongos. Ver figura

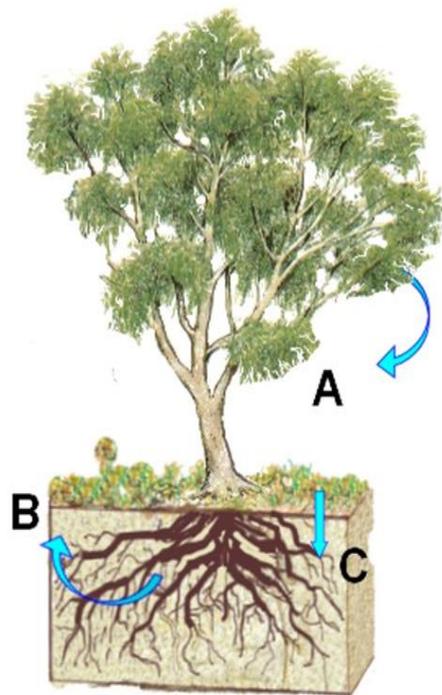


Figura 7. Tipos de alelopatía por a) extractos volátiles, b) exudados radiculares y c) descomposición de desechos vegetales.

Por este proceso, plantas susceptibles a determinados patógenos existentes no son atacadas. El resultado del efecto de sustancias tóxicas de alto valor destructivo que actúan o pueden actuar sobre las partes de la planta, incluidas sus semillas, llegan a provocar alteraciones fisiológicas tales que pueden producir la muerte del vegetal (Puente 1998).

Estas alteraciones fisiológicas pueden ser desde cambios en la fotosíntesis, función estomática, contenido clorofílico, respiración, flujo de carbono, absorción de minerales, y hasta

en la permeabilidad de la membrana celular, ya que muchos componentes aleloquímicos como los ácidos fenólicos causan una despolarización de la membrana, acción que tiene una influencia directa en la transportación de los iones y en el balance hídrico de la planta (Puente 1998).

#### 3.8.5. Efectos positivos de la alelopatía.

Las características más visibles de la planta como la altura, la longitud de las raíces y el peso seco de las plantas testigo pueden ser usadas como parámetros medibles para evaluar el potencial alelopático. Para identificar cultivares alelopáticos, debe ser establecido un método efectivo de selección que pueda probar grandes cantidades de materiales en un espacio limitado en forma simple, económica, repetible y rápida (Gaudet 1988).

Las interacciones positivas pueden determinar la distribución espacial de las especies, permitir la coexistencia, realzar la diversificación y la productividad y dirigir dinámicamente la comunidad. Las relaciones espaciales positivas han sido reportadas también en ecosistemas tropicales (Hernández 2007).

Ejemplos de la interacción positiva fueron documentados en los sistemas de dunas de los Grandes Lagos en América del Norte los cuales aparecen dirigiendo algunos modelos de sucesiones, incluyendo el establecimiento del pino blanco y pino rojo en localidades dominadas por la especie de roble rojo (*Quercus rubra*) La productividad total de los ecosistemas puede elevarse por los mecanismos de facilitación (Hernández 2007).

El incremento de la biomasa de plantas herbáceas debajo del árbol acacia (*Acacia tortilis*) en comparación con los pastos de las sabanas de Kenia al incrementarse por nutrientes debido a estas interacciones señala que para que se produzcan estos efectos, ya sea de carácter positivo o negativo, la concentración de las sustancias aleloquímicas es de gran importancia (Puente 1998).

#### 3.8.6. Efectos de la alelopatía sobre la fotosíntesis.

Según Sampietro (sf). se han realizado experimentos con plantas enteras, suspensiones de células y cloroplastos para averiguar si los agentes alelopáticos eran capaces de inhibir el proceso fotosintético. Bioensayos con *Abutilon theophrasti* y *Lemna minor* demostraron que varios ácidos derivados del benzoico y el cinámico (p. ej. el ácido ferúlico), escopoletina y

clorogénico en bajas concentraciones eran capaces de inhibir la fotosíntesis de plantas enteras.

Experimentos con suspensiones de células foliares de *Abutilon theophrasti*, mostraron que el ácido ferúlico, p-cumárico, clorogénico y vainílico son capaces de inhibir la fotosíntesis con concentraciones de los aleloquímicos menores a las requeridas para planta entera.

Es necesario aclarar que el efecto inhibitorio del agente alelopático sobre la fotosíntesis no necesariamente acontece en los eventos primarios del proceso, sino como resultado de una modificación en los niveles de clorofila o por cierre de los estomas y la subsecuente reducción en la provisión de CO<sub>2</sub> vital para la producción de fotosintatos (Sampietro s.f.).

En soja los ácidos ferúlico, vainílico y p-cumárico reducen el contenido de clorofila. En sorgo, las mismas sustancias no provocan esa disminución. Los ácidos ferúlico, p-cumárico y otros cinámicos a bajas concentraciones revierten el cierre de estomas mediado por ABA y estimulan la fotosíntesis. A concentraciones altas, sin embargo, provocan el cierre de los estomas e inhibición del proceso fotosintético (Sampietro s.f.).

La experimentación con cloroplastos permite eliminar la interferencia de los factores indicados. Los ácidos fenólicos actúan en concentraciones relativamente altas inhibiendo el transporte de electrones lo que sugeriría según Einhellig que el sitio blanco de acción de estas sustancias es otro (Sampietro s.f.).

Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural del cloroplasto. El quemferol, por ejemplo, aparentemente actúa como un inhibidor de transferencia de energía, impidiendo la síntesis de ATP (Sampietro s.f.).

Un caso especial son las quinonas. Existen compuestos sintéticos de esta naturaleza que son empleados como herbicidas. Algunas de origen natural son reconocidos agentes alelopáticos como el sorgo leone y la juglona (Sampietro s.f.).

El sorgo leone, una benzoquinona presente en los exudados radiculares de sorgo, a concentraciones similares a las empleadas con el herbicida atrazina, es capaz de desacoplar el transporte de electrones en el fotosistema II. La juglona afecta también la evolución del oxígeno en el cloroplasto, sin aparentemente desacoplar la fotofosforilación, Compuestos de otro tipo como el alcaloide gramina también provocan desacople en el transporte de electrones (Sampietro s.f.).

### 3.8.7. Aportes de la alelopatía a la sanidad vegetal y manejo de malezas.

Las estrategias alelopáticas apuntan a la reducción de la contaminación ambiental y a mantener un balance ecológico en la flora y la fauna, con la disminución en el uso de pesticidas (insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas) sustituyendo estos por compuestos naturales (plantas y microorganismos). Los aleloquímicos y fitoquímicos están libres de todos estos problemas asociados con la presencia de pesticidas. Por esto la alelopatía es un área prioritaria de investigación en la mayoría de los países del mundo (An et al., 2000)

Durante muchos años, los trabajos sobre alelopatías fueron llevados a cabo principalmente por botánicos. Consistían en ensayar la práctica de dejar los restos del cultivo como cubierta, y sus posibles efectos alelopáticos sobre los cultivos posteriores, estudiar la alelopatía en la rotación de cultivos o intercalar cultivos alelopáticos y analizar el efecto de extractos de plantas con propiedades alelopáticas sobre el rendimiento de cosechas (Oliveros 2008).

Buscando la mejor forma de utilizar la alelopatía para el control de malezas en campo desarrollando nuevas técnicas que impliquen el uso de la alelopatía, como las propuestas por Macías (1995):

- Uso de aleloquímicos naturales o modificados como herbicidas.
- Transferencia genética de propiedades alelopáticas a cultivares comerciales.
- Uso de plantas alelopáticas en rotación de cultivos, como plantas acompañantes y como abono verde.
- Uso de “mulchings” fitotóxicos y manejo de cubiertas vegetales para la supresión de malezas, especialmente en sistemas de producción de conservación y de no laboreo.

Algunos autores han indicado el potencial herbicida de extractos obtenidos de plantas, pero hasta la fecha pocos han sido comercializados. Compuestos sintéticos, tales como cinmetilina, y mesotriona, se han desarrollado sobre la base de aleloquímicos derivados de plantas, pero la salida al mercado de herbicidas basados en estos productos se ha retrasado (Macías et al., 2004).

Es probable que la lenta obtención y comercialización de herbicidas desarrollados de esta forma se deba a la limitada comprensión de los modos de acción de muchos de los

aleloquímicos identificados. Hasta la fecha, se han aislado e investigado un cierto número de aleloquímicos para desarrollar herbicidas naturales, la comprensión de su modo de acción puede ayudar en el desarrollo de nuevos productos para el mercado y se estudian según sea el tipo de liberación (Liebman & Ohno 1997). Ver figura 8

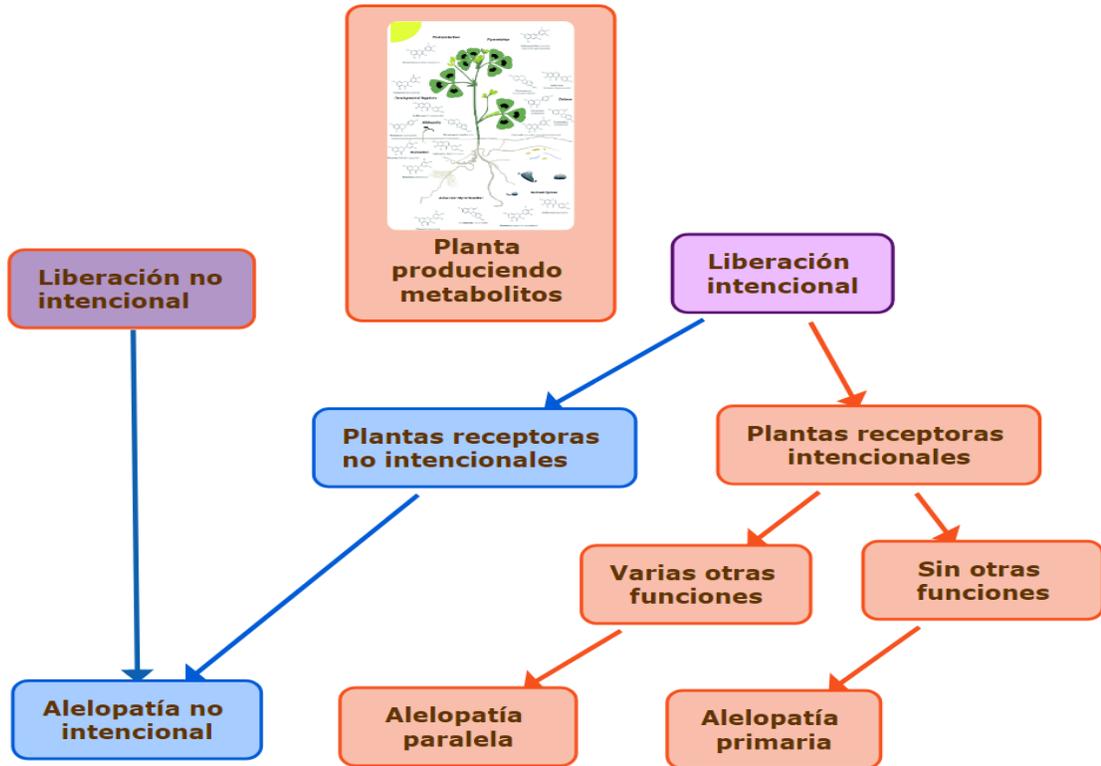


Figura 8. Alelopatía según su liberación.

Liebman & Ohno (1997). indican que el efecto inhibitorio de los compuestos aleloquímicos sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas es debido al resultado de su efecto sobre muchos procesos individuales.

Según Rizvi et al. (1992) los compuestos alelopáticos tienen dos modos de acción: indirecto, que incluye los efectos ocasionados por la alteración de las propiedades del suelo, el estado nutricional y la actividad de poblaciones de organismos beneficiosos; y directo, que comprende los efectos sobre varios procesos del crecimiento y el metabolismo de las plantas.

Estos últimos se pueden clasificar en primarios (inhibición de la división celular, inhibición de la fotosíntesis, efectos en la respiración, efectos sobre la síntesis de proteínas, cambios en la permeabilidad de las membranas e inhibición de enzimas) y secundarios (interferencia con la germinación y el crecimiento (Rizvi et al. 1992).

Las Fitotoxinas naturales presentan unas estructuras químicas poco probables de obtener con la química de síntesis y, además, actúan en puntos en los que no suelen actuar los herbicidas convencionales lo que podría hacer más difícil a las malezas desarrollar resistencias (Rizvi et al. 1992).

#### 3.8.8. Mecanismos de acción de las sustancias alelopáticas.

Según Toro et al. (2008). los mecanismos de acción son los siguientes:

- Inhibición de la división y elongación celular
- Inhibición del crecimiento condicionado por giberelinas o ácido indolacético
- Efectos en la toma de nutrientes
- Inhibición o estimulación de la respiración
- Inhibición o estimulación de la apertura estomática
- Inhibición de la síntesis de proteínas y cambios en el metabolismo de lípidos y ácidos grasos.
- Cambios en la permeabilidad de membranas
- Inhibición de enzimas específicas
- Otros mecanismos (inactivación de ácidos, producción de etileno, etc.).

#### 3.8.9. Actividad alelopática in vitro y selección en medio AGAR.

El efecto de la alelopatía se puede cuantificar mediante un ensayo in vitro y determinar su acción sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas. También es importante la selección previa del material biológico a estudiar en el bioensayo, porque es la vía para la obtención de herbicidas específicos (Trujillo 2008).

Es así que el extracto acuoso de hojas de cipresillo (*Santolinacha maecyparissus*) a una concentración del 100 por ciento inhibieron al máximo la germinación y el crecimiento de bledo (*Amaranthus hybridus*), amor de Canadá (*Cercis canadensis*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) 98.9 por ciento (Raga, 2013).

Según Criollo et al., (2013). se evaluaron in vitro el aceite esencial de tomillo aceitunero (*Thymus capitatus*) sobre tomatillo del diablo (*Solanum nigrum*), cenizo (*Chenopodium álbum*), cerraja (*Sonchus oleraceus*) y cola de zorra (*Setaria adhaerens*), se obtuvo un porcentaje de inhibición de la germinación del 100 por ciento aplicando concentraciones de (0,5 y 1 µl/ml). Residuos de plantas medicinales (hojas y raíces) de *Ocimum basilicum*(albahaca), *Aloe vera*(sábila), *Matricaria recutita*(manzanilla), *Calendula officinalis*(caléndula) y *Plecthranthus amboinicus*(orégano francés), afectaron el porcentaje de germinación de *Ocimum basilicum*(albahaca)

Extractos metanólicos de zebrina (*Zebrina péndula*)afectaron el 32.50 por ciento del porcentaje de germinación de caupí (*Vigna sinensis*), (*Amaraníhus hipochondriacus*)y guaje (*Leucaena leucocephala*) aplicando una concentración de 2 mg. Extractos acuosos de hojas y raíces de laurel de cera (*Myrica pubescens*), (*Eucaliptus sp*) eucalipto, chachafruto (*Erythrina edulis*)y nacedero (*Thrichantera gigantea*), mostraron propiedades alelopáticas sobre el vigor de las semillas y sobre la velocidad de crecimiento de (*Solanum quitoense*) lulo y (*Cyphomandra betacea*) tomate de árbol (Criollo et al., 2013).

En medios AGAR los bioensayos de fitotoxicidad inicial se emplean placas de Petri, todos los ensayos es-pecíficos de modo de acción y en las que se han estudiado se realizan aplicando este modelo de la que se conoce el genoma completo y se dispone de mutantes y librerías de genes, proteomas y metabo-lomas. Se trata de estudios secuenciados complejos, desde el nivel de planta completa al nivel molecular, que requieren el uso de técnicas de alto rendimiento y de última generación.

### 3.9. Agentes alelopáticos, sus metabolitos primarios y secundarios

La interacción de los factores bióticos y abióticos sobre la existencia de las plantas ha conllevado a que estas definan diversas estrategias de convivencia e involucramiento; situación compleja pues se desembocan estadios de presión de selección donde se involucran rutas químicas de biosíntesis y producción de metabolitos que se expresan en las diversas estrategias de adaptación evolutiva de las plantas.

### 3.9.1. Metabolitos primarios.

Anaya (1999) indica que los metabolitos poseen una gran heterogeneidad química. En algunos casos, es sumamente difícil establecer una frontera definida entre metabolitos primarios y secundarios; por ejemplo, existen muchos aminoácidos poco comunes, que deben ser considerados como metabolitos secundarios; por el contrario, muchos de los compuestos considerados como secundarios se encuentran presentes en todas las plantas y son esenciales para su sobrevivencia, los metabolitos primarios no son estudiados en el fenómeno alelopático debido a que son los metabolitos secundarios los que generan las respuestas alelopáticas entre las plantas.

### 3.9.2. Metabolitos Secundarios.

Son compuestos químicos sintetizados que cumplen funciones no esenciales en ellas, de forma que su ausencia no es fatal para la planta, ya que no intervienen en su metabolismo primario. Los metabolitos secundarios intervienen en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente. (León 2002).

### 3.9.3. Diferenciación de Metabolitos primarios y secundarios.

Según Rice (1984), los metabolitos secundarios se diferencian de los metabolitos primarios debido a que su distribución es restringida en el Reino vegetal, a veces abarca sólo una especie o un grupo reducido de ellas, por lo que muchos de ellos son útiles en Botánica Sistemática. El mismo autor señala que por muchos años el valor adaptativo de la mayoría de los metabolitos secundarios fue desconocido. Muchas veces fueron pensados simplemente como productos finales de procesos metabólicos, sin función específica, o directamente como productos de desecho de las plantas.

### 3.9.4. Uso de los Metabolitos secundarios.

En general fueron percibidos como insignificantes por los biólogos por lo que históricamente han recibido poca atención por parte de los botánicos. Muchas de las funciones de los metabolitos secundarios aún son desconocidas. El estudio de estas sustancias fue iniciado por químicos orgánicos del siglo XIX y de principios del siglo XX, que estaban interesados en

estas sustancias por su importancia como drogas medicinales, venenos, saborizantes, pegamentos, aceites, ceras, y otros materiales utilizados en la industria.

De hecho, el estudio de los metabolitos secundarios de las plantas estimuló el desarrollo de las técnicas de separación, la espectroscopia para dilucidar su estructura, y metodologías de síntesis que hoy constituyen la fundación de la química orgánica contemporánea (Rice 1984).

En estudios biológicos más recientes se determinó que la mayoría de los metabolitos secundarios cumplen funciones de defensa contra predadores y patógenos, actúan como agentes alelopáticos (que son liberados para ejercer efectos sobre otras plantas), o para atraer a los polinizadores o a los dispersores de las semillas (Swain 1973, Levin 1976, Cronquist 1977, Citado por León 2002).

#### 3.9.5. Propiedades biológicas de los Metabolitos secundarios y formas de diseminación.

El reconocimiento de propiedades biológicas de muchos metabolitos secundarios ha alentado el desarrollo de este campo, por ejemplo, en la búsqueda de nuevas drogas, antibióticos, insecticidas y herbicidas. Además, la creciente apreciación de los altamente diversos efectos biológicos de los metabolitos secundarios ha llevado a reevaluar los diferentes roles que poseen en las plantas, especialmente en el contexto de las interacciones ecológicas. Terpenoides, alcaloides, glucosinolatos y compuestos fenólicos forman parte de las estrategias defensivas de las plantas y afectan el desarrollo de ciertas especies receptoras.

Gramíneas (centeno, avena), leguminosas (soja lupino), forrajeras (alfalfa) y malezas (quinoa, senecio, mostaza salvaje) son ejemplos de especies productoras de aleloquímicos en cantidades dependientes de condiciones bióticas y abióticas del entorno. Estos metabolitos secundarios con potencial aleloquímicos están presentes virtualmente en todas las plantas y en muchas de sus estructuras (hojas, flores, frutos, tallos, raíces, semillas y polen) (Inestroza 2006).

Estas sustancias pueden ser liberadas directamente desde la planta al medio ambiente, a través de lixiviados, exudación radical, volatilización o indirectamente por la descomposición de sus residuos. La fuente de aleloquímicos incluye al mismo tiempo bacterias y hongos del suelo, micorrizas u organismos patógenos.

### 3.9.6. Funciones de los Metabolitos secundarios y sus precursores.

Muchos de los metabolitos secundarios presentan funciones múltiples entre las cuales, se encuentra la de evitar la herbivoría, evitar el parasitismo, antifúngicos, antibacteriales, fitotóxicos y como atrayentes para los insectos polinizadores. En forma interna estos metabolitos regulan el crecimiento y desarrollo de la planta y estimulan la germinación (Siegler,1996; Kaschel,2001, citado por. Silva, 2002).

Según Anaya (1999). cada planta presenta cientos de metabolitos secundarios, la explicación para tal arsenal químico es la diversidad de enemigos naturales que presenta cada planta y por otra parte se ha determinado que para un patógeno es más difícil desarrollar resistencia a una mezcla de compuesto que a un compuesto químico por sí solo. El compuesto secundario con potencial alelopático tiene una gran diversidad química y toman parte en muchos procesos metabólicos.

De estos compuestos los fenoles y los terpenoides representan la mayor parte de los aleloquímicos conocidos hoy en día. Los compuestos aromáticos como los fenoles, ácido fenolico, derivados de ácido cinámico, flavonoides y quinonas y taninos han sido identificados

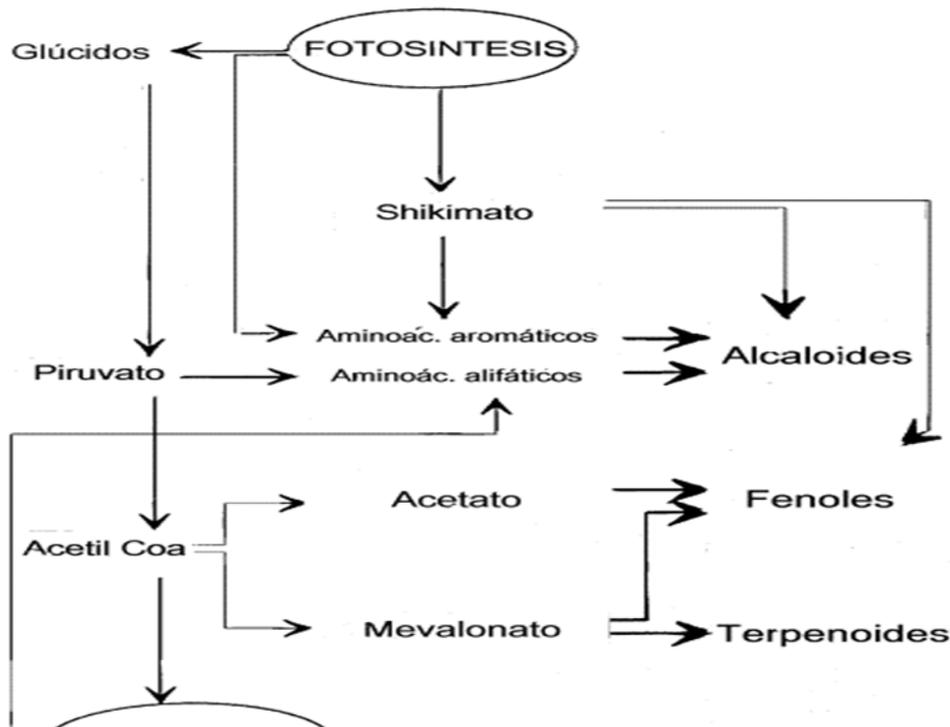


Figura 9. Rutas de biosíntesis de los aleloquímicos

como agentes alelopáticos en mayor cantidad de ocasiones que los otros compuestos combinados (Anaya 1999). Ver figura 9.

Anaya (1999), sugiere que el amplio rango de características químicas en los metabolitos secundarios deriva de un grupo de precursores sorprendentemente reducido. Existen tres precursores principales:

1. El ácido shikímico, precursor de muchos compuestos aromáticos, incluyendo los aminoácidos aromáticos, los ácidos cinámicos y ciertos polifenoles.
2. Los aminoácidos, que dan origen a los alcaloides y los antibióticos peptídicos incluyendo las penicilinas y las cefalosporinas.
3. El acetato, precursor de los poli acetilenos, las prostaglandinas, antibióticos macrocíclicos, polifenoles e isoprenoides (terpenos, esteroides y carotenoides), a través de dos caminos biosintéticos totalmente separados.

El mismo autor indica que los precursores de estos metabolitos secundarios también son utilizados para la biosíntesis de ciertos metabolitos primarios: proteínas, ácidos grasos, etc. Es importante señalar que las reacciones biológicas que están involucradas en la síntesis de los metabolitos secundarios están catalizadas por multitud de enzimas diferentes y, en principio, son reversibles.

Anaya (1999). sugiere que ha habido diversos intentos de clasificar a los metabolitos secundarios, se proponen el término semioquímicos (del griego semion, que significa marca o señal) para todos los metabolitos secundarios involucrados en las interacciones entre los organismos.

Realizan una extensa revisión de la naturaleza química de los semioquímicos involucrados en toda la gama de relaciones biológicas entre organismos de la misma y diferente especies, desde las positivas como el mutualismo y la simbiosis, pasando por las interacciones neutrales, hasta las negativas (desde el punto de vista de individuos) como la depredación, el parasitismo y la competencia.

La definición anterior fue modificada y, en la actualidad se acepta una terminología que clasifica más adecuadamente a los metabolitos secundarios, reconocidos plenamente como verdaderos “transmisores de información” en las relaciones bióticas; esta clasificación

considera, además de las ventajas adaptativas y el origen de los compuestos, un análisis de los costos y beneficios (Anaya 2001).

3.9.7. Clasificación de los Metabolitos secundarios mediadores de relaciones bióticas. Los metabolitos secundarios son compuestos químicos que se obtienen del excedente del metabolismo primario, los productos provenientes del metabolismo primario (aminoácidos, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos) son los precursores del crecimiento y supervivencia de las plantas, pero los metabolitos secundarios como (fenoles, terpenos y alcaloides) actúan como mediadores (aleloquímicos), interviniendo en las funciones de las plantas y de los organismos con los que interacciona, se les conoce como infoquímicos entre los cuales podemos mencionar:

1. Infoquímicos: Todos aquellos compuestos que intervienen, acarreado información, en una relación entre dos organismos y despertando en el receptor una respuesta fisiológica o conductual con carácter adaptativo para uno de los organismos interactuantes o para ambos.

Los infoquímicos se subdividen en:

a. Feromonas: Infoquímicos que median una interacción entre organismos de la misma especie, donde el beneficio puede ser para el organismo productor, para el receptor o para ambos.

2. Aleloquímicos: Infoquímicos que median la interacción entre individuos que pertenecen a diferente especie. Se reconocen tres clases de aleloquímicos.

a. Alomonas: Aleloquímicos que son pertinentes para la biología de un organismo (organismo 1) y que al entrar en contacto con un individuo de otra especie (organismo 2), despiertan en el receptor una respuesta conductual o fisiológica que es favorable, desde el punto de vista adaptativo, para el organismo

b. Kairomonas: Alelo químicos que son pertinentes para la biología de un organismo (organismo 1) y que al entrar en contacto con un individuo de otra especie (organismo2), despiertan en el receptor una respuesta conductual o fisiológica que es favorable, desde el punto de vista adaptativo, para el organismo

c. Sinomonas: Alelo químicos que son pertinentes para la biología de un organismo (organismo 1) y que al entrar en contacto con un individuo de otra especie (organismo2), despiertan en el

receptor una respuesta conductual o fisiológica que es favorable, desde el punto de vista adaptativo, para ambos organismos 1 y 2.

### 3.10. Producción de aleloquímicos.

Los aleloquímicos varían desde formas de simples moléculas tales como aminas a complejos flavonoides, conjugados tales como Phlorizin (aislado de raíces de manzano, *Malus*, sp) o alcaloides heterocíclicos, como cafeína (aislada desde el café (*Coffea arabica* L.) los cuales se liberan al suelo siguiendo un proceso que se genera en la parte aérea y radicular de las plantas (Thompson 1985). Ver figura 10.

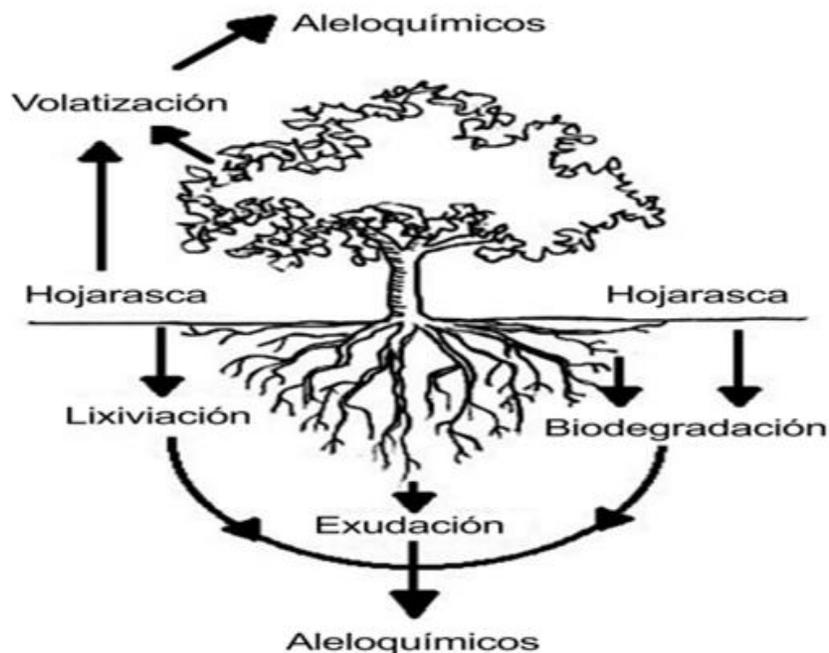


Figura 10. Rutas de biosíntesis de los aleloquímicos.

#### 3.10.1. Influencia de la sombra.

Existen grandes evidencias que ambientes estresantes influyen en la producción de aleloquímicos, además la producción es influida por la intensidad lumínica, disminuyendo en

condiciones de sombra, siendo estimulada bajo condiciones de deficiencia mineral, estrés hídrico y bajas temperaturas.

En algunos casos 18 herbicidas reguladores del crecimiento aumentan la producción de aleloquímicos. La explicación de por qué el estrés frecuentemente realiza la producción de aleloquímicos es lógico de asumir, aumentando con ello la complejidad de la alelopatía en la interferencia de la maleza-cultivo y que la competencia por recursos limitados puede aumentar el potencial alelopático o la sensibilidad de la maleza, el cultivo o ambos. Así la competencia y alelopatía no pueden ser consideradas como componentes de la interferencia en un ecosistema de cultivo (Putman1979).

Según Zimdahl (1999); está asociada con el medio ambiente y el estrés que éste puede ocasionar en la planta, hay evidencias que ratifican que a medida que la planta es sometida a un mayor nivel de estrés, esta produce mayores cantidades de alelo químicos.

#### 3.10.2. Compuestos alelopáticos que median en la invasión de las especies.

La mayoría de los compuestos liberados por las plantas son considerados metabolitos secundarios producidos como resultado de las rutas metabólicas primarias dependiendo de su acción fitotóxica, su concentración bioactiva y su persistencia y destino en el entorno en que son liberados, pueden actuar como compuestos alelopáticos.

Hoy en día existe un gran debate con relación al papel que realizan los metabolitos secundarios como aleloquímicos en los ecosistemas naturales y, en concreto, durante el proceso de invasión. El principal problema que se plantea es que la baja concentración a la que se encuentran los metabolitos secundarios en condiciones de campo, es insuficiente para provocar una respuesta fitotóxica (Tharayil 2009).

#### 3.10.3. Descomposición de residuos vegetales.

La actividad alelopática puede ocurrir después de la descomposición de los residuos vegetales, acción en la cual juegan un importante rol los microorganismos del suelo. La presencia de esta posible interacción aleloquímica no niega la validez de la alelopatía, esto solo confirma la complejidad de la tarea de investigar (Putman, 1983; Rice, 1974).

La naturaleza química de los agentes Alelopáticos y los metabolitos secundarios y los compuestos conocidos que fueron aislados de las plantas y el suelo. La naturaleza química de

los agentes alelopáticos es muy variada. A medida que progresan las investigaciones en el tema se incorporan nuevos grupos de sustancias a las cuales no se les atribuía esta actividad biológica (Sampietro, sf)

La mayoría de los compuestos con características de fitotoxinas son considerados por Fraenkel, (1959) y Whittaker (1971) citado por Vidal (2005) como; "Sustancias secundarias, porque aparentemente no desempeñan funciones en el metabolismo básico de los organismos".

Estos compuestos son derivados de la ruta del acetato-mevalonato o del ácido shikímico. La concentración de los compuestos en los tejidos depende del ritmo de biosíntesis, almacenamiento y degradación de éstos, la diversidad de aleloquímicos producidos por las plantas es muy amplia y el rango va desde simples hidrocarburos hasta complejos políciclos aromáticos (Vidal 2005).

#### 3.10.4. La ruta de liberación de los aleloquímicos.

El estudio del fenómeno alelopático es complejo, pues existen diversos factores involucrados, especialmente el trabajo con sistemas vivos, así como la necesidad del empleo de diversas técnicas instrumentales, convirtiendo al estudio de la alelopatía en una ciencia multidisciplinaria. Sin embargo, cualesquiera que sean las propiedades de los compuestos detectados en la planta, las características tales como actividades biológicas diversas, tiempo de vida media en el suelo, especificidad a un restringido grupo de organismos, ser inocuo para la especie donadora; evitando de esta manera fenómenos de auto toxicidad; son las exigidas para ser considerado como un aleloquímico (Oliveros 2008).

#### 3.11. Compuestos químicos y su incidencia en el desarrollo de las plantas.

Hasta ahora, las formas como las plantas interactúan con su entorno es motivo de investigaciones, principalmente debido a la diversidad de estrategias que estas utilizan para convivir y coexistir. Esta afirmación es importante ya que los distintos órganos constitutivos de las plantas, disponen de células especializadas que les permite aprovechar diversos espacios en diversos ambientes.

##### 3.11.1. Compuestos fenólicos.

En muchos trabajos se indica que los compuestos fenólicos se encuentran frecuentemente involucrados en la acción inhibitoria sobre la germinación o crecimiento de otras plantas (Bengoa, 1983) restos principalmente corresponden a fenoles simples, ácidos benzoico u cinámico y a sus derivados. Los aleloquímicos después de entrar al suelo sufren degradaciones químicas, físicas y biológicas (Rice 1974).

Estos influyen a menudo en la acumulación límite de alelo químicos a niveles fitotóxicos la fitotoxicidad de los aleloquímicos depende del movimiento, destino y persistencia en el suelo. (Inderjit, 2001).

Además de los fenoles se pueden mencionar: Lactonas, quinonas, terpenos, esteroides, cumarinas, flavonoides, alcaloides y cianhidrinas. Al grupo de alcaloides y cianhidrinas pertenece el compuesto amigdalino, que es el que se encuentra en la raíz del duraznero (Bengoa 1983).

#### 3.11.2. Compuestos Alifáticos.

Pocos de estos compuestos son conocidos por su actividad inhibitoria de la germinación de semillas y el crecimiento de plantas. Comprenden varios ácidos (p.ej. oxálico, crotónico, fórmico, butírico, acético, láctico y succínico) y alcoholes (tales como metanol, etanol, n-propanol y butanol) solubles en agua, que son constituyentes comunes presentes en plantas y suelo. Bajo condiciones aeróbicas los ácidos alifáticos son rápidamente metabolizados en el suelo, por lo cual no pueden considerarse una importante fuente de actividad alelopática (Vidal 2005).

#### 3.11.3. Volatilización de Compuestos.

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente confinada a plantas que producen terpenoides. Los géneros que comúnmente liberan compuestos volátiles incluyen *Artemisia*, *Salvia*, *Parthenium*, *Eucalyptus* y *Brassica* Estas sustancias han demostrado también actividad insecticida y como disuasivos alimenticios (León 2002).

La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él. En ecosistemas de desierto y mediterráneos, la liberación de compuestos alelopáticos a través de volatilización es

frecuentemente observada, debido al predominio de altas temperaturas, e influencia la distribución de las especies vegetales (León 2002).

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN (Asimilación teórica).

Las malezas o plantas arvenses son definitivamente indeseables en cualquier sistema de producción agrícola o de cualquier terreno en las que estén presentes, estas compiten por todos los recursos principales (agua, suelo, nutrientes, espacio físico y al desarrollarse en la parte aérea), algunas presentan también propiedades alelopáticas sumándole otra problemática que afecta a las plantas de interés generando pérdidas económicas y de recursos naturales que a la larga son los más importantes.

Las malezas con potencial alelopático son las que más nos interesan en la investigación, debido que se le suma la problemática de poder afectar a las plantas de interés agrícola no solo por la competencia de espacio y nutrientes, también es necesario mencionar que algunas plantas generan exudados radiculares que hacen que otras plantas no perciban los nutrientes del suelo de manera normal afectando la asimilación de los mismos, afectando la germinación y emergencia lo que afecta en el balance de las poblaciones por unidad de área.

Debemos mencionar los desechos de las plantas como rastrojos, tallos, hojas y raíces que por descomposición generan sustancias que son fitotóxicas y que también afectan alelopáticamente con esta forma de diseminación al medio y por lo tanto afectan a otras plantas en su desarrollo y que también generan pérdidas económicas, es necesario conocer las especies nativas y no nativas de un agro ecosistema para evitar que se presenten interacciones antagonistas entre plantas.

Debido al gran número de malezas existentes en los diferentes ecosistemas agrícolas según cada región es importante tener un conocimiento general de cuáles son las condiciones en las cuales las malezas se desarrollan, siendo importante conocer factores como la fisiología y sus formas de dispersión en las parcelas y cuáles son las etapas más favorables en el desarrollo de la planta para controlar de manera efectiva las especies vegetales indeseadas.

Así mismo, es necesario utilizar diferentes umbrales que nos dirijan en cómo se comporta una planta en específico, en este caso, plantas que son indeseadas y que generan pérdidas en los sistemas de producción agrícola, afectando a los cultivos de interés en su desarrollo y productividad. Los umbrales son necesarios para determinar que tratamiento es el más adecuado y en qué momentos en específico se aplican, según el ciclo de en el que se desarrolla la planta que queremos controlar, esto se lleva a cabo para controlar de manera

más efectiva y sin desperdiciar los recursos económicos y aprovechar de mejor manera las parcelas agrícolas.

Atención especial merece el coyolillo (*Cyperus rotundus*) que sin lugar a dudas es una de las peores malezas que existen actualmente debido a su gran potencial de diseminación adaptándose a climas tropicales y sub tropicales, además de tener un crecimiento agresivo en comparación a otras especies, si bien es cierto que es una planta de tamaño pequeño es muy invasiva generando problemas a muchas especies de cultivos diferentes; siendo un verdadero problema a nivel tanto local como mundial, pues genera pérdidas económicas.

Esta especie además tiene potencial alelopático debido a que libera sustancias que inhiben la germinación y el crecimiento inicial de algunas plantas, estas sustancias se encuentran en su gran mayoría en los tallos y los bulbos de la planta que se pueden obtener en forma de exudados radiculares o por maceración de las partes aéreas, afecta a un número elevado de cultivos de diferentes géneros y especies pero en este caso nos centraremos en sus efectos en plantas de la familia de las leguminosas.

Las leguminosas son plantas de suma importancia por las características que poseen, existen de todo tipo y con muchas diferenciaciones en su crecimiento y desarrollo teniendo como característica común el poder fijar nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) al suelo contribuyendo con esto a la mejora de la fertilidad; sin embargo, al ser plantas de crecimiento y desarrollo agresivo, son plantas que pueden servir de indicador en estudios de alelopatía, tanto por su desarrollo como por las sustancias que liberan al suelo, debido que en algunos casos (*Canavalia*) presentan dichas sustancias que inhiben el crecimiento de otras plantas, aunque generalmente el control se presenta por acción mecánica por la influencia de la sombra generalmente y por los microclimas que se generan por el follaje abundante de las leguminosas.

Las plantas leguminosas contienen compuestos que tienen potencial alelopático como lo son compuestos fenólicos y terpenoides, además de poder controlar mecánicamente a otras plantas por el tipo de crecimiento que ellas presentan y al poseer un desarrollo vegetativo bastante rápido hace que las condiciones de microclima en los agroecosistemas sean más desfavorables para el desarrollo de plantas indeseables.

Es decir, la alelopatía es cuando una planta afecta el crecimiento de otra por diversos factores que están relacionados entre sí y que tienen diferentes grados de importancia según sean las interacciones que pueden presentar y las cuales pueden ser; biológicas, ambientales, físicas

y químicas y en donde se observan diversos fenómenos que individualmente y en conjunto pueden afectar al correcto desarrollo de una planta o un grupo de estas mismas, según sean las especies que interactúen en los agro ecosistemas de producción.

El fenómeno alelopático como tal es un tema de estudio muy interesante y el cual aún hay muchas cosas por investigar. Actualmente existen muchas técnicas para determinar si existe interacciones físico-químicas entre plantas y que sirven como indicadores para la selección de especies vegetales de las cuales se pueden sacar algunos productos con potencial para controlar especies indeseadas tanto vegetales y animales.

Las plantas como tal generan algunas sustancias que pueden ser irritantes o nocivas tanto para insectos, hongos y otras plantas y que se obtienen por acción metabólica primaria, física o de otra índole y que al liberarse al suelo por exudados radicales o desechos vegetales, además de tomar en cuenta los agentes que se liberan por medio de volatilización y lixiviación y que poseen potencial para ser utilizados como alternativas para controlar malezas de manera natural y amigable con el medio ambiente.

Por ello, los metabolitos secundarios como sustancias con estas propiedades, se obtienen como subproductos de los metabolitos primarios, muchas veces estas sustancias han sido ignoradas al ser consideradas como simples desechos sin ninguna importancia real; sin embargo, investigaciones recientes indican que estas sustancias se pueden utilizar en procesos agrícolas (herbicidas, insecticidas, fungicidas) industriales (fibras, gomas, esencias, entre otros) y otros usos que son de importancia económica.

Algunas de las características más visibles de las plantas como la altura, tamaño de las raíces, número de hojas, peso fresco, peso seco; son de suma importancia para determinar cuál es el potencial alelopático de determinadas especies y que sirven para determinar los usos que podemos obtener de determinadas especies vegetales y sobre que grupos tienen incidencia real, esto nos servirá para hacer una categorización más ordenada de las plantas alelopáticas.

Las características físicas y fisiológicas de las plantas son en gran medida las responsables de controlar el desarrollo de las plantas, debiendo tenerse en cuenta que las etapas iniciales de desarrollo de la planta como la germinación, emergencia y crecimiento inicial son los primeros indicadores que tenemos a la hora de medir alelopatía en campo o por medio del uso de parcelas experimentales, o bioensayos controlados, en dados casos las plantas se adaptan a diferentes técnicas según sean sus características fisiológicas y el manejo que podamos

Proporcionar al hacer las pruebas, al final lo que buscamos es determinar que plantas podemos utilizar para controlar a otras esto se hace para buscar la mayor incidencia posible en el desarrollo de las plantas.

Las leguminosas son plantas con una distribución que se adapta generalmente a climas tropicales y subtropicales, adaptándose a diferentes tipos de condiciones de suelo y pH, pueden poseer crecimiento rastrero o erguido sienta este generalmente por la utilización de técnicas de tutoreado (leguminosas arbustivas), otras leguminosas están categorizadas en el estrato arbóreo, las leguminosas además de mejoradores de suelo pueden ser utilizadas en algunos casos para alimentación animal y humana en menores casos.

Existen estos dos tipos de metabolitos en la planta los cuales están presentes y cumplen funciones específicas para el desarrollo de las plantas cumpliendo funciones según donde se encuentren, los metabolitos primarios son de los que mayor información contamos actualmente debido a investigaciones y artículos en los cuales podemos determinar las funciones específicas de estos, por el contrario los metabolitos secundarios son en su mayoría desconocidos en sus aplicaciones y funciones que pueden cumplir.

Existen una variedad muy amplia de metabolitos secundarios debido a que la planta posee diferentes mecanismos metabólicos para defenderse del medio que la rodea, además de desarrollarse y prevalecer en el medio, los principales metabolitos secundarios que se conocen actualmente son los compuestos fenólicos y los terpenoides, en estos dos grupos se derivan la mayoría de compuestos con potencial alelopático conocidos.

Son todos aquellos compuestos que se encargan de transportar información entre una planta y otra, produciéndose respuestas entre ambas especies vegetales ya sean antagonistas o que ayuden en el desarrollo de ambas especies, algunas como: las feromonas, sinomonas, kairomonas entre otros. Estos compuestos en los procesos bioquímicos son esenciales para que las plantas tengan una respuesta al medio donde se desarrollan tanto con las especies vegetales, así como también el factor suelo y fauna.

Así, los aleloquímicos son sustancias producidas por medio de acciones metabólicas en las plantas en diferente medida y porciones de las mismas según sea su medio de vida y en las condiciones donde se desarrolla, estas sustancias son las que se encargan para garantizar algunas condiciones que generan interacciones entre diferentes especies vegetales siendo en su mayoría acciones que inhiben el desarrollo de otras plantas para garantizar la supervivencia

misma. Estos agentes se pueden obtener de diferentes maneras y con técnicas específicas que buscan poder aprovechar estos compuestos como alternativas para el control de plantas indeseadas en los agro ecosistemas de producción.

Es necesario utilizar diferentes umbrales que orienten en cómo se comporta una planta en específico, en este caso plantas que son indeseadas y que generan pérdidas en los sistemas de producción agrícola, afectan a los cultivos de interés afectando en su desarrollo y productividad, los umbrales son necesarios para determinar que tratamiento es el más adecuado y en qué momentos en específico se aplican según el ciclo de en el que se desarrolla la planta que queremos controlar, esto se lleva a cabo para controlar de manera más efectiva y sin desperdiciar los recursos económicos y para aprovechar de mejor manera las parcelas agrícolas.

Después de investigar, acerca de muchas especies vegetales que presentan diferentes formas de incidir en el crecimiento y desarrollo de otras plantas por medio de acciones bioquímicas y también mecánicas que se presentan en el interior del suelo así como fuera de este, existen diferentes modos de acción de los compuestos específicos que una y otra planta poseen según las sustancias específicas y a que plantas o grupos de plantas afectan y cuál es la porción específica de dichas plantas en donde se generan los compuestos antes mencionados y que generan una relación antagonista en un agro ecosistema.

Existen plantas que tienen mayor efecto alelopático que otras y por lo cual son más efectivas en incidir en el desarrollo de las otras especies, es por ello que se debe seleccionar utilizando técnicas como los bioensayos, el método del cuadro de madera, extractos acuosos entre otros métodos que nos servirán para seleccionar de manera más efectiva las especies vegetales que afectan a las malezas que se quieran eliminar de las parcelas buscando alternativas más viables, que sean de más bajo costo y que sean amigables con el medio ambiente y que no sacrifiquen la productividad de los agro ecosistemas.

Es importante diferenciar los dos tipos de efectos que pueden generar los agentes alelopáticos en las plantas debido a que es necesario conocer cómo se origina cada uno de ellos. Para el caso de los efectos primarios, son los que se desarrollan a partir de las sustancias y compuestos alelopáticos específicamente en las células de las plantas donde los agentes bioquímicos afectan o ayudan en el desarrollo de las plantas, caso contrario se da en los efectos alelopáticos secundarios debido a que estos se pueden manifestar en secciones más específicas de la planta a simple vista por ser generalmente algún órgano de la planta el

afectado por dichos efectos, siendo específico según los compuestos que estén en el medio; pudiendo afectar específicamente a cualquier sección de la planta, además es posible que existan diferentes respuestas alelopáticas negativas o positivas según el número de plantas alelopáticas que se encuentren en los agroecosistemas.

Algunos grupos de plantas que están divididas principalmente en las familias de las gramíneas, solanáceas y crasuláceas, por ejemplo, que poseen un desarrollo vegetativo muy rápido y vigoroso lo cual las hace excelentes para probar la incidencia de los agentes alelopáticos, dicho lo anterior, se ha observado que plantas como el tomate y la cebolla presentan susceptibilidad a la alelopatía que se puede generar por otras especies siendo esto un punto muy importante para realizar bioensayos con dichas especies vegetales.

Para valorar las condiciones alelopáticas en laboratorio, existen diferentes técnicas y procedimientos para medir los efectos alelopáticos que tienen la finalidad de determinar cuál es el efecto en su desarrollo vegetativo, tomando en cuenta que los bioensayos son principalmente la forma más adecuada para determinar alelopatía entre plantas debido a que se realizan principalmente en las etapas de germinación y desarrollo inicial de las plantas donde se pueden observar la incidencia de los agentes bioquímicos en las plantas. Además que trabajar en condiciones de laboratorios conlleva a que se determine de manera más precisa que en los ensayos de campo.

Finalmente, hay que considerar la existencia de la alelopatía positiva que es aquella que se da cuando algunas plantas generan efectos benéficos en el desarrollo de otras plantas, generando características óptimas para el desarrollo en los agroecosistemas, algunas plantas por medio de sustancias alelopáticas de hecho pueden generar mejoras en la productividad de otras plantas, además de que algunas sustancias en la sabia y exudados radiculares pueden controlar plagas como insectos y nematodos en el suelo.

Por otro lado, contrario a la alelopatía positiva, existe la alelopatía negativa que sucede cuando las sustancias que se generan a nivel de suelo tanto por los exudados radiculares y residuos vegetales que son liberados al suelo por diferentes factores son nocivos para el desarrollo y germinación de otras plantas generando malformaciones, enanismo y desarrollo raquítrico de la planta en general; por lo que es necesario que se determine de manera precisa cuales son las sustancias que estas plantas generan para conocer en que rango afectan a las demás, para evitar que estas especies se encuentren en los sistemas de cultivo.

### 3. CONCLUSIONES

Con base a la metodología planteada, la documentación revisada, los objetivos y asimilación teórica, así como a las condiciones bajo las cuales se desarrolló la presente investigación, se concluye que:

La alelopatía es una de las formas de control entre plantas más eficaces y menos conocido que existe y depende de muchos factores para poder analizar el fenómeno alelopático como tal.

Es determinante conocer cuáles son las formas de distribución de las plantas en los agroecosistemas y como conviven entre ellas para determinar que roles cumplen en los ciclos biológicos.

Las plantas indeseadas o mejor conocidas como malezas o vegetación espontánea, son una de las principales causas de pérdidas económicas en cultivos de interés, por lo tanto, es necesario conocerlas como se distribuyen y cuáles son sus formas de diseminación y posterior manejo.

El coyolillo (*Cyperus sp*) es considerado la maleza con mayor incidencia, en el desarrollo de muchas especies de cultivos compitiendo, tiene de manera mas agresiva por los nutrientes del suelo y debido a que es una planta C4, muy eficiente y de rápida propagación por medio de los bulbos radiculares principalmente. Además, se comprueba que sus exudados radiculares tienen efecto alelopático en los cultivos dificultando la germinación y el desarrollo inicial de muchos cultivos de interés económico.

El estudio de los metabolitos secundarios que poseen algunas especies de plantas o grupos selectos de estas, no se les ha dado la importancia debida para su uso como agentes alelopáticos por la poca información que existe de estas sustancias, algunas presentan efectos directos en el desarrollo de otras plantas por los terpenoides, alcaloides y compuestos fenólicos presentes y que en la actualidad se está descubriendo de su potencial como herbicida e insecticida aplicables en la agricultura.

Una forma eficaz de controlar las poblaciones de malezas con el uso de leguminosas es su utilización como cultivos de cobertura principalmente, aunque las leguminosas Canavalia, Mucuna y Cowpea presentan efectos alelopáticos y nematocidas a nivel del suelo.

La búsqueda de herbicidas naturales de extractos de desechos vegetales, exudados radiculares y otras porciones de las plantas como tallos y hojas son una alternativa con mucho potencial para su aplicación en campo y amigable con el medio ambiente pero actualmente existe pocos productos de este tipo y muy poca investigación para el desarrollo de otros productos para el control de plagas y enfermedades.

#### 4. RECOMENDACIONES

Profundizar en el entendimiento de las diversas interacciones que se establecen entre las plantas de interés agronómico y la vegetación espontánea (malezas) como estrategia de convivencia de las especies y resiliencia ambiental; haciendo uso de los compuestos químicos que algunas plantas poseen (alelopatía) y que han demostrado tener una incidencia real en el control de plantas, insectos y otros agentes que afectan a los cultivos tomando base de los estudios alelopáticos existentes dando alternativas de manejo agronómico sostenibles con el medio ambiente.

Sistematizar y documentar el uso de las leguminosas para el manejo de malezas como cultivos de cobertura y por sus efectos alelopáticos, así como para el control de otras plagas de importancia como los nematodos.

Priorizar investigaciones acerca del estudio de los metabolitos secundarios de las plantas ya que presentan un alto potencial en alelopatía, así como en la industria debido a que no hace mucho tiempo eran simplemente sustancias que eran consideradas desechos simplemente y que en investigaciones recientes se han descubierto muchas aplicaciones que estas sustancias pueden proveer.

Incluir en las futuras investigaciones, las pruebas de bioensayos controlados tanto en vivero como en laboratorio para obtener resultados estadísticos de la germinación y el desarrollo inicial de las leguminosas, moléculas bioherbidas, además de investigar el efecto alelopático de las plantas receptoras sobre las plantas donantes.

## 5. BIBLIOGRAFIA.

An, M.; J. Pratley and T. Haig (2000): Allelopathy: from concept to reality. (En línea), consultado 12 de marzo de 2021. Disponible en: <http://me.csu.edu.au/agronomic/papers314.Html>.

An M. Pratley, J. Haig T. (1998). Allelopathy: From Concept to Reality. (9 edición) Australian: Agronomy Conference.

Anaya, A. 1999. Allelopathy as tool in the management of biotic resources in Agroecosystems. *Critical Reviews in Plant Science* 739 p.

Alban, M. 2012. Manual de cultivo de frijol caupi, primera edición, Piura, Perú, 28p.

Álvarez Iglesias, L; Puig, CG; Reigosa, MJ; Pedrol N. 2012. Explotando la alelopatía para la búsqueda de Bioherbicidas naturales de origen vegetal (Universidad de Vigo, España), Vigo, España, 20p.

Álvarez, M. 2000. Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis de Maestría. La Habana. Cuba. Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. 69 p.

Avendaño, N. 2011. Revisión taxonómica del género *crotalaria l*. En Venezuela. Caracas, Venezuela. 50p.

Baigorria, T; Alvarez, C; Cazorla, C; Bellucini, P; Aimetta, B; Pegorano, V; Boccolini, M; Faggioli, V. 2015. Cultivos de cobertura: Impacto en el control de malezas y el rendimiento de la soja. ASACIM (Asociación Argentina de Ciencias de las Malezas). Argentina. 100p

Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas, La Habana, Cuba. 16p.

Bengoa, G, 1983. Alelopatía: Herbicidas naturales en el manejo de las cero labranzas. Ecuador. 211 p.

Borja Melendres, BD, 2015. Adaptabilidad de las leguminosas de cobertura (*Canavalia ensiformis*) en comparación con (*Pueraria phaseoloides*) para mejorar las características físico-químicas del suelo. Tesis ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, 61p.

- Brunner, B; Beaver, J; Flores, L. 2011. Cultivo de Mucuna, Iajás, Puerto Rico. 60p.
- Chiapusio, G.; Gallet, J.; Dobremez, J. 2010. Compuestos alelopáticos: ¿herbicidas del futuro?. Martín Martínez Moreno. 17 ed. Bogotá, Colombia. El manual moderno. 166 p.
- Chung IM, Kim KH, Ann JK, Lee, SB, Kim SH, Hahn SJ (2003) Allelopathic comparison of allelopathic potencial of rice leaves, straw and hull extracts on Barnyardgrass. *Agronomical Journal* 95, 1070p.
- Cárdenas C, 2014. Las Plantas Alelopáticas. ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas), Sangolquí, Ecuador. 205p.
- CONABIO (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, México). 2016. Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México, *Mucuna pruriens utilis* (L.) DC. (en línea). México. 9p. consultado el 6 de noviembre del 2020, disponible en: [http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas\\_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO\\_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/M\\_P/Mucuna%20pruriens%20utilis.pdf](http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/M_P/Mucuna%20pruriens%20utilis.pdf)
- Criollo, H.; Lagos, T.; Narváez, R. 2013. Efecto alelopático de especies forestales sobre el vigor germinativo de semillas y crecimiento inicial de tomate de árbol y lulú. Tesis agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 69p.
- Cruz, J. 2012. Efectos de extractos acuosos y residuos de Ipomoea batatas clon CEMSA 78-354 sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Tesis master en Agricultura Sostenible, mención Sanidad Vegetal. Santa Clara, Cuba. 70p.
- Cuellar Guzmán, S; tobar Hércules, LB; Zelaya Álvarez, JW. 1997. Efectividad de Leguminosas (*Stizolobium deeringianum* y *Canavalia ensiformis*) Sembrados a Diferentes Épocas y en Asocio con Maíz (*Zea mays*) para el Control de Malezas y Mejoramiento para la Fertilidad del suelo. Tesis Ing. Agr. El Salvador, San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 118 p
- Díaz, V., Kogan, M. y Bengoa, R. 1985. Alelopatía. Fenómeno de gran importancia en la ecología de las plantas. I: Conceptos generales. *Revista Aconex* 9:16-19.

Drost, DC., Doll, JD. 1980. The allelopathic effect of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) ». *Weed Science* 28 (2): 233p.

Duke 1978, Potential for utilization of allelopathy for weed management. California, Estados Unidos 749p.

Duke, S.; Dayan, F.; Romagni, J.; Rimando, A. (2000). Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. *Weed California*, Estados Unidos 111p.

Escobar, G. (2009). Incidencia de metabolitos secundarios presentes en las leguminosas en sistemas silvopastoriles en caprinos. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. 178p.

Faccini, D. 2011. Manual de reconocimiento de malezas. UNR (Universidad Nacional de Rosario), Santa Fe, Argentina. 80p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Canadá). 1996. Recomendaciones para el manejo de malezas. 61p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Canadá). 2005. Recomendaciones para el manejo de malezas. (en línea). Habana, Cuba, 100p. Consultado el 28 de julio de 2019, disponible en: <http://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Canadá). 2014. La importancia de la alelopatía en la obtención de nuevos cultivares de arroz, Quebec. Canadá, en línea. Consultado el 20 de abril del 2019, Disponible en <http://www.fao.org/3/y5031s/y5031s0f.htm>

García, D. (2006). Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Venezuela: Zootecnia Tropical, 233-250p.

Gaudet, C.1988. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits. *Nature* 334: 243p.

Gliessman, S. (1998). Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. (en línea), disponible en URL: <https://books.google.com.ec/books?id=rnqan8BOVNAC&pg=PA165&dq=efectos+alelop%C3%A1tica+de+leguminosas+publicaciones&hl=es&sa=X&ved=0CDcQ6AEwBmoVChMIh-L8u4->

uyAIViLleCh3pCAbz#v=onepage&q=efectos%20alelop%C3%A1ticos%20de%20leguminosas%20publicaciones&

Gómez-Luna, E., Fernando Navas, D., Aponte-Mayor, G., Betancourt-Buitrago L A. 2014. Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. DYNA 81 (184): 158-163 Medellín.

Hernández, M. (2007). Actividad alelopática de *Wedelia trilobata* (L.) e *Ipomoea batatas* (L.) sobre malezas y cultivos hortícolas. Tesis de Maestría. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 59p.

Honkanen, E.; Virtanen, A. (1960). Synthesis of some 1,4-benzoxazine derivatives and their antimicrobial activity. Acta Chem. Scand. 14:1214-1217p.

Holm, L. G.; Plucknett, D. L.; Pancho, J. V. and Herberger, J. P. 1977. The world's worst weeds, distribution and biology. East-West Center, University Press of Hawaii, Honolulu. 609 p.

Inestroza, T, 2006. Efecto alelopático de extractos de exudados radicales del cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) sobre maleza *Rumex acetosella*. Temuco, Chile. 300p

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile). 2014. Abonos verdes. (en línea). Chile, 80p. consultado el 29 de junio del 2019, disponible en: [http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Ad\\_730.pdf](http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Ad_730.pdf)

Isman, M.; Akhtar, Y. (2007). Plant Natural Products as a Source for Developing, 85p.

Jarma A; Angulo A; Jorge J y Hernández J. 2000. EFECTO ALELOPÁTICO DE EXTRACTOS DE CROTALARIA (*Crotalaria juncea* L.) Y COQUITO (*Cyperus rotundus* L.) SOBRE MALEZAS Y CULTIVOS ANUALES, Córdoba, España. 9p.

JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, Japón). 2016. Pastos y Forrajes. (en línea). Managua, Nicaragua. 96p. Consultado el 30 de junio del 2019, Disponible en: [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spzatt/Manual\\_de\\_Pastos\\_y\\_Forrajes.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spzatt/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf)

Lara f; Serrano I; Aguirre C y Villatoro R. 1997. Efecto de coyolillo (*Cyperus rotundus*) sobre el crecimiento de canavalia (*Canavalia ensiformis*), La paz, El Salvador. 5p.

La Torre, F. (2012). La Vida de las Plantas. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria. 104p.

León, G. 2002. Efectos alelopáticos del centeno (*Secale cereale L.*) sobre malezas que crecen normalmente asociadas a cereales. Viña del Mar, Chile. 23-27 185p.

León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. (en línea), San José, Costa Rica. Consultado el 29 de junio del 2019. Disponible en: [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf)

Liebman, M.& Ohno, T. (1997). Crop rotation and legume residue effects on weed emergence and growth: application for weed management. Michigan, US, 106p.

Macias, F. (1995). Allelopathy in the search for natural herbicide models. ACS Symposium 329p.

Macías, F., Molinillo, J.; Varela, R.; Galindo, J.( 2004). Allelopathy- a natural alternative for weed control. US: Pest Management Science 63, 348p.

Macías, F.; Marín, D.; Oliveros-Bastidas, A.; Molinillo, J. (2006). Optimization of benzoxazinones as Natural Herbicide Models by Lipophilicity Enhancement. J. Agric. Food Chem. 54: 9357-9365p.

Marchante, E., Kjølnerb, A., Struweb, S., Freitas, H. 2008. Short- and long-term impacts of *Acacia longifolia* invasion on the belowground processes of a Mediterranean coastal dune ecosystem. Applied Soil Ecology 40(2):210-217p.

Mestas, R. 2014. Tipos de alelopatía. Puno, Perú .45 p.

Minotti, P. L. y Sweet, R. D. 1981. Role of crop competition in limiting losses from weeds. En: D. Pimental ed. *Handbook of pest management in agriculture. Vol. II.* Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América. CRC Press. 367p.

Miranda, MR. 2019. Efecto alelopático de *Cyperus rotundus L.* (Cyperaceae) sobre plantas arvenses. Guanajuato, México. 105p.

Oliveros, A. 2008. El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. Mérida, Venezuela 33p.

Olofsdotter, M. 2001. Getting closer to breeding for competitive ability and the role of allelopathy -an example from rice (*Oryza sativa*). Tennessee Estados Unidos, 806p.

Puente, M. 1998. Efectos alelopáticos del cultivo del Girasol (*Helianthus annuus* L.) sobre malezas asociadas y cultivos de importancia económica. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Santa Clara. Cuba.

Pupo, A. (2008). Actividad alelopática de las fracciones del extracto acuoso de (*Ipomoea batatas* (L). Lam.) Sobre el crecimiento de algunos cultivos. Tesis de Diploma. Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 64p.

Raga, F. 2013. Actividad fitotóxica in vitro de extractos acuosos de santolina *Chamae cyparissus*. Tesis maestría. Universitat Politecnica Valencia, España. 35p.

Reyes O. 2013. Efecto de *Mucuna pruriens* asociada a una gramínea, sobre la actividad simbiótica rizosferica y la movilización de N y P en un sistema de cultivo de maíz (*Zea mays*) y soya (*Glycinemax* L.). UNAL (Universidad nacional de Colombia), Palmira, Colombia. 125p.

Rice E. 1984. Allelopathy. New York. Orlando, Academy press. 353p.

Rizvi, S.; Haque, H; Singh, V.; Rizvi, V. (1992). A discipline called allelopathy. Allelopathy: Basic and applied aspects. Chapman & Hall. London: United Kingdom. 200p.

Rodríguez, M.; Chico, J.; Chávez, O. 2014. Efecto alelopático del extracto acuoso de hojas de *Helianthus annuus* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Setaria unguolata* y *Chenopodium murale*. Trujillo, Perú. REBIOL34(1): 5-12.

Rodríguez T., E. 1981. Épocas críticas de competencia de las malezas en siembras de maíz (*Zea mays* L.) para semilla. UNET. San Cristóbal, Venezuela, 202p.

Rodríguez Urrutia, EA. 2000. Abonos Verdes y Cultivos de Cobertura. Sub componente de Conservación de Suelos y Agroforestería. Primera Edición. Santa Ana, El Salvador. MAG, CARE In. 18 p.

Rosa, D. M., Nóbrega, G. P. De Lima, M. M. Mauli y S. R. M. Coelho, 2011. Action of dwarf mucuna, pigeon pea and stylosanthes on weed under field and laboratory conditions. Illinois, Estados Unidos, 847p.

Rubio JM, 2006. Efecto de Canavalia, Dolichos, Mucuna y Cowpea en la población de coyolillo (*Cyperus rotundus*), insectos, nematodos y fertilidad del suelo. Zamorano (Escuela Agrícola Panamericana). Honduras. 15p.

Salgado, F. 2006. Alelopatía, (en línea), Morelia, México. Consultado el 7 de septiembre del 2019. Disponible en: <https://saberemas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/2016-numero-25113/399-alelopatia.html> 10p.

Sandermann, H. (2006). Plant biotechnology: ecological case studies on herbicide resistance Trends in Plant Sci. 11, (7): 324-328p.

Sampietro, D. s/f. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad de Tucumán, Argentina, 100p.

Skerman, P.J. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Colección FAO, producción Y protección vegetal N° 2. Roma, Italia. 198 p.

Sparks, T.; Crouse, G.; Durst, G. (2001). Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids. Pest Manag. Sci. 57: 896-905p.

Silva, P. 2002 Suelo-Agua-Planta. Alelo químicos, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Laboratorio de Relación Santiago, Chile.67p.

Silva, KM. 2015. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Tennessee, Estados Unidos, 107p.

Tharayil, N. 2009. To survive or to slay. Plant Signaling and Behavior 4(7):580-583p.

Trujillo, A.2008. Determinación de la actividad alelopática de extractos vegetales sobre Lactuca sativa. Tesis Tecnóloga en química. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.87 p.

Veliz Ramos, LM. 2018. Efecto del uso de canavalia ensiformis, crotalaria juncea y mucuna sp, como abono verde sobre el rendimiento de semilla de caña de azúcar. Universidad Rafael Landívar, Tesis Ing. Agr. Escuintla, Guatemala, 54p.

Vidal Ferrúz, DF, 2005. Evaluación del efecto alelopático sobre nuevos porta injertos de Prunus pérsica, en condiciones de replante. Universidad de Católica de Chile, Santiago, Chile, 55p

Villaseñor, JL, 1998. Los géneros de las plantas vasculares en la flora de México. Universidad autónoma de México, México DF, México, 32p.

Zhang, C.B., Wang, J, Qian, B.Y., Li, W.H. 2009. Effects of the invader *Solidago canadensis* on soil properties. *Applied Soil Ecology* 43(2-3):163-169p.

Zobel, A.; Dakshini, K.; Foy, C. (1999). In *Principles and Practices in Plant Ecology: Allelochemical Interactions*. Eds.; CRC: Boca Ratón, Florida. 106p.

## 6. ANEXOS.

Tabla A 1 Potencial alelopático de compuestos volátiles

Nombre de la planta	Efecto inhibitorio sobre la planta blanco	Naturaleza química del compuesto volátil
<i>Salvia reflexa</i>	Germinación de semillas y crecimiento de plántulas.	Monoterpenos, a-pineno, b-pineno, cineol.
<i>Brassica juncea</i> <i>Brassica napus</i> <i>Brasica rapa</i>	Germinación de lechuga y trigo.	No determinada.
<i>Amaranthus palmeri</i> <i>Cyperus rotundus</i>	Germinación de tomate, cebolla y zanahoria.	2-Octanona, 2-nananona, 2-heptanona
<i>Eucalyptus globulus</i>	Germinación y crecimiento de plantas de cultivo.	Variedad de terpenos
<i>Artemisia princeps var orientalis</i>	Es autotóxica e inhibitoria del desarrollo de callos de lechuga.	No determinada.
<i>Heliotropium europeum</i>	Estimula el crecimiento de rabanito y trigo sarraceno.	No determinada.

Tabla A 2. Potencial alelopático de lixiviados

Nombre de la planta	Efecto inhibitorio sobre la especie blanco	Naturaleza química
<i>Datura stramonium</i>	Crecimiento de trigo y soja.	Escopolamina, hyoscyamina.
<i>Brassica rapa</i> (L.)  <i>Brassica napus</i>	Crecimiento de cebada, centeno y rabanito.  Germinación de soja	No determinado.  Alilisotiocianato
<i>Artemisia</i>	Crecimiento de cebada, lechuga crisantemo.	No determinado.
<i>Eucalyptus globulus</i>	Crecimiento de plantas de cultivo.	No determinado.
<i>Calamintha ashei</i>	Germinación y crecimiento de <i>Rudberkia hirta</i> y <i>Leptochloa dubia</i>	(+) Evodona y desacetil calaminthona.

Tabla A 3. Potencial alelopático de algunos exudados de raíces.

Nombre de la planta	Efecto inhibitorio sobre la especie blanco	Naturaleza química
<i>Elytrigia repens</i>	Crecimiento de raíces, materia seca, nodulación y fijación de nitrógeno.	No determinada.
<i>Chenopodium murale</i>	Longitud de vástago y espiga y peso seco en trigo	No determinada
<i>Avena spp.</i>	Crecimiento de raíz y brote y longitud de espiga en trigo.	Escopoletina y ácido vainílico.
<i>Bidens pilosa</i>	Area foliar, crecimiento y material seca en maíz, sorgo y lechuga.	No determinada.
<i>Celosia argentea</i> L.	Nodulación en <i>Cajanus cajan</i> y <i>Vigna aconitifolia</i> .	No determinada.
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Crecimiento y nodulación de poroto.	No determinada.
<i>Medicago sativa</i>	Crecimiento de soja, maíz, cebada y rabanito.  Cultivo de suspensiones celulares de repollo y tomate.	No determinada.  Canavanina
<i>Lycopersicum esculentum</i>	Crecimiento de lechuga y berenjena.	No determinada.
<i>Brassica campestris</i>	Crecimiento de mostaza y autotóxico.	No determinada.
<i>Cucumis sativus</i>	Crecimiento de lechuga.	Acidos benzoico, clorogénico, mirístico y palmítico.

<i>Avena spp.</i>	Crecimiento de trigo.	Escopoletina y ácidos benzoico, cumárico y vainílico.
<i>Asparagus officinalis</i>	Autotóxico	No determinada
<i>Triticum aestivum</i>	Crecimiento de avena salvaje.	Acido hidroxámico
<i>Rorippa sylvestris</i>	Crecimiento de plántulas de lechuga.	Hirsutina y pirocatecol, ácidos p-hidroxibenzoico y vainílico

Tabla A 4 Potencial alelopático de los residuos en descomposición.

Nombre de la planta	Efecto inhibitorio sobre la especie blanco	Naturaleza química
<i>Agropyron repens</i>	Crecimiento de plantines de alfalfa, maíz y soja.	Ácido 5-hidroxi indol,3-acético.
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Germinación de semillas de <i>Brassica napus</i> .	Partenina, coronopilina y ácidos cafeico, p-cumárico, clorogénico, cumárico, hidroxibenzoico y vainílico.
<i>Sorghum halepense</i> L.	Germinación y crecimiento de girasol, tomate y rabanito.	Acidos clorogénico, cumárico, hidroxibenzoico y vainílico.
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Rendimiento de tomate, arroz, repollo, pepino, zanahoria, soja y algodón.	Polifenoles y sesquiterpenos.
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Germinación y crecimiento de remolacha azucarera, lechuga, arveja, tomate, maíz, soja y tabaco.	Acidos ferúlico, hidroxibenzoico, siríngico y vainílico.
<i>Setaria viridis</i> L.	Crecimiento de soja, maíz y sorgo.	No determinada.
<i>Chenopodium album</i> y <i>C. murale</i>	Germinación y crecimiento de trigo, centeno, maíz, soja, mostaza y garbanzo. Incorporación de nutrientes en maíz, soja y tomate.	No determinada.
<i>Imperata cylindrical</i>	Crecimiento de maíz, centeno, sorgo y tomate.	Escopolina, Escopoletina y ácidos benzoico,

		clorogénico, cumárico, gentísico y vainíllico.
<i>Xanthium spp.</i>	Germinación y crecimiento de trigo, maíz, tabaco, garbanzo, repollo y lechuga.	Acidos Benzoico, cafeico, clorogénico y cumárico.
<i>Artemisia princeps</i>	Crecimiento, peso seco y contenido calórico de <i>Lactuca</i> , <i>Plantago</i> , <i>Chrysanthemum</i> y <i>Achryranthus</i> .	No determinada.