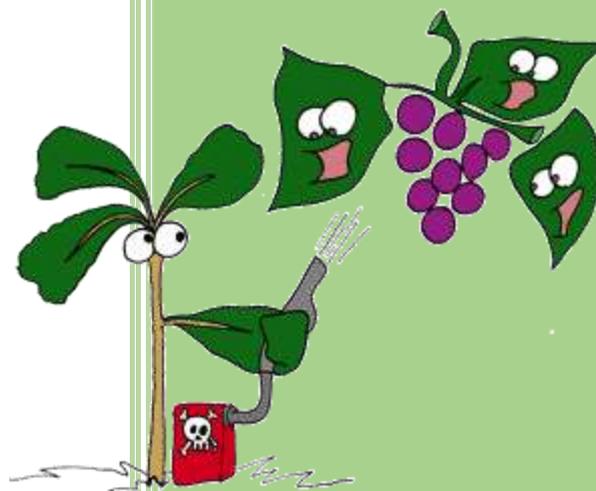




Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Biología

ALELOPATÍA Y PLANTAS ALELOPÁTICAS





ZUÑIGA VALDERA GABRIEL

RUIZ ZULOETA BORIS



INTRODUCCIÓN

El término alelopatía, propuesto por Molisch en 1937, deriva de dos raíces griegas, *allelon*= recíproco y *pathos*= sufrimiento, tomado en sentido literal, significaría el efecto perjudicial entre dos plantas. Sin embargo, Molisch, con gran visión, definió la alelopatía como la interacción bioquímica, dañina o benéfica, entre todo tipo de plantas, e incluye en ella a los microorganismos.

Los efectos perjudiciales que algunas plantas ejercen sobre otras se conocen desde hace mucho tiempo. Teofrasto (285. a.C) y posteriormente Plinio II (1 d.C), describieron algunos de estos efectos perjudiciales, particularmente entre plantas cultivadas. Siglos después, en 1832, De Candolle reconoció la llamada “enfermedad del suelo” en algunas parcelas agrícolas donde los cultivos mostraban un decremento en la productividad y el desarrollo de las plantas era raquítico. De Candolle concluyó que este problema podía ser originado por compuestos tóxicos exudados al suelo por algunas plantas cultivadas y sugirió que esto podría evitarse por medio de una adecuada rotación de cultivos.

La última definición de alelopatía se postuló en el 1er. Congreso Mundial de Alelopatía, realizado en Cádiz, España (1996), Esta definición intenta abarcar la vastedad y complejidad del fenómeno y lo describe así: “La alelopatía se refiere a cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios (MS) producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, que influya sobre los sistemas biológicos”.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA	4
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPITULO I:	
1. Autores	9
2. Antecedentes	19
3. Definición.....	21
CAPITULO II:	
1 Tipos de Alelopatía	25
2 Aleloquímicos.....	25
3 Efectos Aleloquímicos.....	26
4 La Alelopatía Como Factor Ecológico.....	27
5 Mecanismos de Acción de Los Agentes Alelopáticos.....	28
5.1 Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos...	29
5.2 Efectos sobre la fotosíntesis.....	29
5.3 Efectos sobre la fotosíntesis.....	29
5.4 Efectos sobre respiración.....	30
5.5 Efectos sobre procesos asociados a membranas.....	31
5.6 Modelo de acción alelopática de compuestos fenólicos.....	32
6 Modos de Liberación de los Agentes Alelopáticos.....	32
6.1 Volatilización.....	33
6.2 Lixiviación.....	33
6.3 Exudación.....	33
6.4 Descomposición de residuos vegetales.....	34
7 Naturaleza Química de los Agentes Alelopáticos.....	34
CAPITULO III:	
1. Reconocimiento de una Planta Alelopática.....	39
2. Efectos Alelopáticos que pueden ocasionar algunas plantas sobre los Insectos y Microorganismo.....	42
3. Efectos Alelopáticos que puedan ocasionar unas Plantas sobre otras de Diferente Especie.....	43

4. Tipos de Plantas Alelopáticas.....	44
4.1 Plantas para Control Alelopático.....	44
4.2 Plantas Aromáticas y medicinales para Control Alelopático.....	45
4.3 Plantas Hortalizas para Control Alelopático.....	50
4.4 Control Orgánico de Insectos y Plagas de Algunos Cultivos Alelopáticos.....	52
5. Alelopatía en las Arvenses.....	56
6. Alelopatía en <i>Yaisys Blanco</i>	58
7. <i>Cucumis Sativus</i> y <i>Avena Sativa</i>	61
8. <i>Convolvulus Sepium</i>	61
9. <i>Polygonum Persicaria</i>	62
10. Alelopatía en el Manejo de Malezas.....	62
11. Estudios recientes del Alelopatía en Zonas Tropicales en México....	66
12. Tipos de Control Alelopático.....	67
13. Métodos para utilizar Plantas Alelopáticas para la Prevención o Manejo de Plagas y Enfermedades en los Cultivos	68
CAPITULO IV:	
1. Resumen	71
2. Conclusiones.....	72
3. Anexos.....	73
4. Referencias Bibliográficas.....	79



1. Autores:

Eliane Abou-Mansour.- Después de haber obtenido su doctorado en Química de Productos Naturales de Origen Marino en la Universidad de Perpignan, Francia, realizó un postdoctorado en el Australian Institute of Marine Science donde estuvo a cargo de un proyecto de microbiología marina. Actualmente es investigadora bajo contrato del Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en el Centro de Fitofarmacología en Perpignan, donde trabaja en la extracción y purificación de productos biológicamente activos a partir de cianobacterias marinas. Se interesa en el estudio químico de hongos marinos como una fuente de productos naturales bioactivos, y con potencial de aplicación en la farmacología humana

Ana Luisa Anaya Lang.- Investigadora Titular del Departamento de Ecología Funcional y Aplicada del Instituto de Ecología, y profesora de los programas de posgrado en Ciencias Biológicas y Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es investigadora Nacional III (SNI). Obtuvo su doctorado en Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM en 1976. Su trabajo de investigación se ha dedicado al conocimiento básico y aplicado de la alelopatía, al estudio de la naturaleza química de algunos aleloquímicos que median las interacciones alelopáticas y que son producidos por diversas plantas de la flora mexicana, tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas, de los mecanismos de acción fisiológica y ecológica de muchos de estos compuestos bioactivos, y de su potencial como posibles agroquímicos y fármacos de origen natural. En muchos de sus trabajos se hace énfasis en la urgencia de investigar extensivamente, y de forma interdisciplinaria, en el campo de la alelopatía, considerando la rica biodiversidad de México. Su trabajo es también una contribución al aprovechamiento racional y la conservación de los recursos bióticos.

Betty Benrey.- Profesor Asociado en el Instituto de Zoología de la Universidad de Neuchatel, Suiza. Obtuvo su doctorado en Ecología en la Universidad de Maryland, EUA en 1996. Su principal interés es el estudio de los efectos de la domesticación de las plantas sobre las interacciones planta-insecto.

May R. Berenbaum.- Profesora y Jefa del Departamento de Entomología de la Universidad de Illinois, Urbana, II, EUA. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Cornell en 1980. La doctora Berenbaum se dedica al estudio de las interacciones químicas entre insectos herbívoros y sus plantas hospederas, y a las implicaciones de estas interacciones sobre la organización de las comunidades naturales y a la evolución de las especies. Su Interés particular se centra en la química secundaria en la familia Apiaceae y los insectos asociados a estas plantas herbáceas. Actualmente se encuentran realizando estudios sobre la coevaluación insecto/planta a varios niveles, y está investigando los mecanismos de acción fisiológica de los metabolitos secundarios de defensa vegetal sobre los Insectos, en particular de las furanocumarinas, que son los aleloquímicos característicos de la familia **Apiaceae**.

Elizabeth A. Bernays.- Profesora Emérita y Regente en el Departamento de Entomología, Ecología y Biología de la Universidad de Arizona, EUA. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Londres, Reino Unido. Su investigación se orienta hacia las interacciones planta-insecto, estudiando desde su fisiología y morfología hasta su ecología, con énfasis en el estudio del comportamiento. La doctora Bernays estudia los mecanismos involucrados en la asociación de varias especies de insectos con sus plantas hospederas, incluyendo la neurofisiología de quimiorreceptores, el comportamiento de la asociación con el rechazo o aceptación del hospedero y los factores fisiológicos que influyen en la selección del hospedero. También estudia la morfología de las estructuras relacionadas con la alimentación y su plasticidad fenológica y evolutiva. A lo largo de su carrera científica ha estudiado la ecología química de los insectos herbívoros, la resistencia de los cultivos a estos insectos y su fisiología de alimentación. Ha realizado estudios ecológicos y evolutivos sobre el comportamiento del forrajero en el campo, enfatizando el papel de los niveles tróficos superiores y las restricciones neurológicas en la evolución de la amplitud de la dieta.



Phyllis D. Coley.- Investigadora en el Departamento de Biología de la Universidad de Utah, EUA. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Chicago en 1981. Su área de investigación se enfoca a las interacciones planta-herbívoro en los bosques tropicales, incluyendo aspectos de la defensa vegetal, adaptación de los herbívoros a los diferentes hospederos y al papel del tercer nivel trófico en la regulación de los herbívoros. La doctora Coley y su esposo, el Dr. Kursar, están aplicando su conocimiento ecológico a las defensas vegetales con el fin de establecer un programa de bioprospección para ayudar a la conservación de los bosques tropicales en Panamá.

Raimundo Cabrera Pérez.- Profesor Titular de Biología Vegetal en el Departamento de Biología Vegetal de la Facultad de Biología en la Universidad de La Laguna, España. Obtuvo su doctorado en Ciencias Biológicas en la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna, España, en 1987, estudiando las plagas y enfermedades de la Palmera Canaria. El doctor Cabrera es el Vicedecano de la Facultad de Biología en la Universidad de La Laguna, desde 1997 hasta la fecha. Sus principales líneas de investigación son: la fitopatología, la protección de cultivos y la búsqueda y uso los productos naturales en el control de plagas y enfermedades vegetales.

Rocío Cruz Ortega.- Investigadora Asociada del Departamento de Ecología Funcional y Aplicada del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y profesora de los programas de posgrado en Ciencias Biológicas y Biomédicas de esta Universidad. Es Investigadora Nacional I (SNI). Obtuvo su doctorado en Botánica y Fisiología Vegetal en la Universidad Estatal de Okiahoma, Stillwater, O.K., EUA en 1996. Su trabajo de investigación está centrado en la respuesta de las plantas al estrés, en particular al estudio del efecto del estrés aleloquímico sobre plantas cultivadas y sobre los mecanismos fisiológicos de acción de los compuestos alelopáticos.

Carmen Elisa Díaz.- Científica Titular en el Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en La Laguna, Tenerife, España. Obtuvo el grado de doctor en Farmacia en 1986 con

el estudio de “Transformaciones microbiológicas de diterpenos por la Giberela fujikuroi” bajo la dirección del profesor D.B.M. Fraga y D. Antonio González, en la Universidad de La Laguna, Tenerife, España. La doctora Díaz realizó una estancia posdoctoral llevando a cabo estudios sobre metabolitos secundarios en cultivo de células vegetales en el King's College de la Universidad de Londres. Actualmente su área de investigación es la biotecnología de plantas, especialmente la tecnología del cultivo de raíces aéreas.

Rodolfo Dirzo.- Investigador Titular en el Departamento de Ecología Evolutiva del Instituto de Ecología en la Universidad Nacional Autónoma de México. Es Investigador Nacional III (SNI). Obtuvo su doctorado en Ecología en la Escuela de Biología Vegetal de la Universidad de Wales, Gran Bretaña, en 1980. La investigación del doctor Dirzo versa sobre la ecología de poblaciones de plantas, estudios de ecología tropical, en particular en las interacciones planta-animal, en los mecanismos de defensa de las plantas, en los aspectos evolutivos y en la conservación biológica de las zonas tropicales.

Francisco J. Espinosa García.- Investigador Titular del Departamento de Ecología y Comportamiento Animal en el Instituto de Ecología, A.C, en Xalapa, Veracruz, México. Obtuvo su doctorado en Ecología en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, México, en 1992. La investigación que el doctor Favila realiza se refiere a la comunicación química, la selección sexual y la competencia espermática, y la biodiversidad en los coleópteros de la subfamilia **Scarabaeinae** (escarabajos del estiércol).

Meow Chang Feng.- Investigador de la Escuela de Ciencias Químicas en la Universidad de Sains Malasia, Malasia.

Braulio M. Fraga.- Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Madrid, España. Obtuvo su doctorado en Química en la Universidad de La Laguna en Madrid, España, en 1970. En 1971 recibió el premio para jóvenes investigadores de la Real Sociedad Española de Química. El doctor Fraga ha sido director del Instituto de Productos Naturales del CSIC. Su línea de investigación se centra en la identificación de productos naturales, en la cual ha publicado más de 170 trabajos.

Eduardo Fuentes Contreras.- Profesor en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, Talca, Chile. Obtuvo su doctorado en la Facultad de

Ciencias de la Universidad de Chile, en 1999. Actualmente investiga factores que determinan el desarrollo de resistencia a insecticidas en insectos.

Yoshiharu Fujii.- Investigador y Jefe del Laboratorio de Alelopatía en el Instituto Nacional de Ciencias Ambientales y Agrícolas de Tsukuba, Ibarake, Japón. Obtuvo su doctorado en Agronomía en la Universidad de Kyoto, Japón, en 1981. Sus investigaciones se refieren a la búsqueda de plantas alelopáticas, bioensayos de alelopatía, identificación de compuestos alelopáticos y la aplicación práctica de la alelopatía en la agricultura.

Juan Carlos G. Galindo.- Profesor Asociado en el Departamento de Química Orgánica en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz, España. Obtuvo su doctorado en Ciencias Químicas en 1993. Las principales líneas de investigación del doctor Galindo comprenden: estudios alelopáticos en plantas superiores, estudios de relación estructura-actividad y estudios de mecanismos y modos de acción de estos biocomunicadores.

Ana Azucena González Coloma.- Investigadora del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el Centro de Ciencias Medioambientales, Departamento de Agroecología, Madrid, España. Obtuvo su doctorado en la Universidad Complutense de Madrid en 1984. Entre sus principales líneas de investigación se encuentran la fitoquímica, los productos naturales bioactivos, los naturales, el estudio de los mecanismos de acción de repelentes naturales, el diseño de nuevos bioensayos, el cultivo celular de insectos y la bio-prospección.

Carmen Gutiérrez.- Investigadora del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el Centro de Ciencias Medioambientales, Departamento de Agroecología, Madrid, España.

Mark E. Hay.- “Teasley Profesor” de Biología Ambiental, en la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Georgia, Atlanta, Georgia, EUA. Obtuvo su doctorado en Ecología y Biología Evolutiva en la Universidad de California, Irvine, E.U.A, en 1980. Su mayor interés es la ecología de las comunidades marinas, principalmente la ecología química marina, y las interacciones planta-herbívoro y depredador-presa.

Thomas A. Kursar.- Profesor Asociado de la Universidad de Utah, Salt Lake City, EUA e investigador del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en Panamá. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Chicago en 1982. El doctor Kursar ha trabajado intensamente en el campo de las estrategias de los herbívoros para adaptarse a sus plantas hospederas y en la tolerancia de las plantas a la sombra y sus resistencia a la sequía en los bosques tropicales.

Jean H. Langenheim.- Profesora Emérita de Biología en la Universidad de California, Santa Cruz, California, EUA. Obtuvo su doctorado en Ecología Vegetal en la Universidad de Minnesota en 1953. Durante su carrera científica, la doctora Langenheim ha contribuido enormemente a enriquecer el conocimiento en el área de ecología y evolución. Ha hecho estudios sobre paleo-ecología química del ámbar (resina fósil), análisis de las interacciones químicas, mediadas por terpenoides, entre árboles y herbáceas, con insectos, hongos, babosas y venados en el trópico y costas del Pacífico. Ha sido presidenta de la Sociedad Internacional de Ecología Química, de la Sociedad Ecológica de América, de la Asociación para la Biología Económica. Actualmente se encuentra escribiendo el libro sobre “Resinas Vegetales: su valor para las plantas y los humanos”.

Roberto Linding.- Está realizando su doctorado en el Colegio de Letras y Ciencias de la Universidad de Wisconsin, Madison, Wi, EUA.

Francisco A. Macías.- Catedrático y director del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Cádiz, España, y presidente de la Sociedad Internacional de Alelopatía. Obtuvo su doctorado en Ciencias Químicas en 1984. Las principales líneas de investigación del doctor Macías comprenden el estudio alelopático en plantas superiores y microorganismos; el aislamiento, determinación estructural y química de biocomunicadores; el diseño de bioensayos para la evaluación de la actividad alelopática; los estudios de relación estructura-actividad; y los estudios de los mecanismos de acción de los biocomunicadores y la síntesis parcial y total de los mismos.

Jorge E. Macías Sámano.- Investigador en el Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, México. Obtuvo su doctorado en Ecología Química en la Universidad Simón Fraser en Canadá en 1998. Sus áreas de investigación



comprenden la ecología química de insectos de interés forestal la interrelación insecto-planta y la respuesta secundaria de las plantas al ataque de insectos.

Esperanza Martínez Romero.- Investigadora Titular----en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es Investigadora Nacional III SNI. Obtuvo su doctorado en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM en 1985. Sus intereses principales son: la ecología y taxonomía bacteriana, la biodiversidad, los mecanismos de interacción planta-bacteria y la fijación de nitrógeno. Sus metas, encaminadas a la aplicación en la agricultura, son modificar genéticamente el *Rhizobium etli* (endófitos del maíz), mejorar la nodulación y la fijación de nitrógeno en *Mucuna*, la cual se utiliza como abono verde en selvas tropicales; realizar la secuencia del plásmido simbólico de *R.tropici* **CIAT 899**, e identificar los mecanismos de sobrevivencia de las bacterias en la rizósfera.

Julio César Martínez Romero.- Actualmente trabaja en el Centro de Investigación 1 sobre Fijación de Nitrógeno de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha participado en cursos para escribir literatura para niños y 11 adolescentes, guiones de cine e historietas y también en cursos de animación por -computadora. Tiene un gran interés en la ciencia ficción y en la divulgación " científica. Participa en la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial en la 11 búsqueda de patrones en la conducta de ocelotes y margays en un proyecto de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica de la UNAM.

Artiles Matías Reina.- Titulado Superior Especializado del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) adscrito al Instituto de Productos Naturales y Agrobiología, CSIC, La Laguna, Tenerife, España. Obtuvo su doctorado en el Instituto de Productos Naturales Orgánicos del CSIC en la Universidad de Laguna, en Tenerife, España, en 1978. El doctor Matías Reina ha realizado estudios sobre los alcaloides pirrolizidínicos y diterpénicos, en oxidaciones biomiméticas con diferentes metaloporfirinas y modelos del citocromo P-450; ha realizado investigación en la química de los productos naturales, en el aislamiento, elucidación estructural y síntesis de compuestos

químicos. En particular en las oxidaciones catalizadas con metaloporfirinas y diferentes oxidantes de compuestos bioactivos.

Hermano M. Neimeyer.- Profesor de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Chile. Obtuvo su doctorado en Química en el Departamento de Química de la Universidad de California, Berkeley, EUA, en 1970. Sus líneas de investigación abarcan las interacciones planta-insecto, la comunicación química en las lagartijas, los semioquímicos de los áfidos, la biología y química de las cochinillas, los compuestos químicos de las plantas nativas y sus usos potenciales, la ecología molecular y los mecanismos de acción de los compuestos de defensa de las plantas.

Guillermo Olgún.- Realizó un doctorado en Química de Productos Naturales de Origen Marino en la Universidad de Perpignan, Francia, en 1997. Trabajó en el Centro de Fitofarmacia, en el aislamiento de bacterias marinas, estableciendo las condiciones óptimas de su crecimiento para llevar a cabo su extracción química. Se interesa particularmente en las relaciones químicas entre invertebrados y microorganismos marinos. Actualmente trabaja, temporalmente, como conservador contractual de la Sección de Ciencias de la biblioteca de la Universidad de Perpignan, Francia, como responsable de las publicaciones periódicas.

Andrés Quiroz.- Profesor en el Departamento de Ciencias Químicas de la Universidad de la Frontera, Temuco, Chile. Obtuvo su doctorado en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile en 1996. Su investigación se refiere a la búsqueda de compuestos semioquímicos que expliquen interacciones planta-insecto.

Claudio C. Ramírez.- Investigador asociado en el Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Obtuvo su doctorado en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile en 1999. Su línea de investigación actual versa sobre las causas proximales y distales que explican las interacciones planta-áfido en el bosque templado de Chile.

Mónica Teresa Rosenblueth Laguette.- Obtuvo su doctorado en Investigación Biomédica en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La doctora Rosenblueth ha trabajado en el mejoramiento genérico de cepas de *Rhizobium*



leguminosarum by phaseoli para una mayor capacidad competitiva y sobre los genes de *Rhizobium tropici* involucrados en el transporte de un compuesto específico del exudado de frijol. Actualmente se encuentra realizando una estancia postdoctoral en la Universidad de Indiana, EUA.

Joshua Rosenthal.- Director de Programa del Cerrtro Internacional Fogarty del Instituto Nacional de Salud, Bethesda, MD, EUA. Obtuvo su doctorado en la Universidad de California, Berkeley, EUA, en 1993. El doctor Rosenthal realizó su investigación sobre el efecto de la historia de vida, domesticación y selección agronómica en la residencia de las plantas a los insectos: maíces y parientes silvestres. Actualmente está dedicado a la coordinación de los programas de diversidad en los institutos de salud de los Estados Unidos.

Ted. C.J. Turlings.- Profesor Asociado en el Instituto de Zoología de la Universidad de Neuchatel, Suiza. Obtuvo su doctorado en Entomología en la Universidad de Florida, EUA, en 1990. Sus principales intereses son el estudio de la ecología del comportamiento y la química de las interacciones en el tercer nivel trófico, la evolución d las interacciones planta-insecto y el control biológico.

George Wailer.- Profesor Emérito en el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad Estatal de Oklahoma, Stillwater, OK, EUA. Obtuvo su doctorado en esta misma Universidad en 1961. Durante su carrera científica el doctor Wailer ha publicado más de 220 artículos sobre aceites esenciales, biosíntesis y degradación de alcaloides, terpenos y terpenoides, y saponinas en planta; asimismo, en aplicaciones bioquímicas de la espectrofotometría de masas y en el área de la alelopatía. En esta área ha sido miembro fundador y presidente de la Sociedad Internacional de Alelopatía; también ha sido presidente de la Sociedad Fotoquímica de Norteamérica, entre otros importantes cargos

Jeffrey Weidenhamer.- Profesor de Química del Departamento de Química, Geología y Física de la Universidad de Ashland, Ashland, OH., EUA. Obtuvo su doctorado en Bilogía en la Universidad de Florida del Sur en 1987. Su línea de investigación es la ecología química, en particular el estudio de la alelopatía en plantas superiores. Entre muchos de sus estudios, el doctor Weidenhamer ha establecido diversos métodos para el estudio de la interferencia química entre las plantas.

2. Antecedentes Históricos:

La alelopatía es un fenómeno que se observado desde tiempos muy antiguos. El filósofo griego **Demócrito** refería el uso de productos naturales de las plantas como método por controlar a las malezas, y a la posibilidad de matar árboles aplicando a sus raíces mezclas de flores de lupino y jugo de abetos. **Teofrasto** en el siglo III a.C., refiere que el garbanzo empobrece el suelo en vez de restaurar su vigor, y destruye a las malezas. Tiempo después, **Plinio Segundo** (siglo I d.C.) en su libro sobre Historia Natural, da numerosos ejemplos de interacciones aparentemente alelopáticas; refiere que tanto el garbanzo, la cebada, como la veza, agostan los suelos de las milpas, y que pudo constatar los efectos tóxicos del nogal (*Juglans regia*) sobre otras plantas que convivían con él. Con su extraordinaria lógica, Plinio se anticipó siglos a los ecológicos y químicos modernos, al atribuir la toxicidad de las plantas a sus humores y jugos; también indicó que el helecho *Pteridium aquilinum* podía ser eliminado, trozando sus tallos jóvenes y dejando que sus jugos resbalaran por el helecho para matar sus propias raíces. En el siglo XIX, De **Candolle**, en 1832, y **Liebig**, en 1852, se preocupaban por el hecho de que el suelo pudiera contener compuestos fitotóxicos dañinos al crecimiento de las plantas, especialmente de las cultivadas. De Candolle reconoció la llamada "enfermedad" del suelo en los campos agrícolas y sugirió que era provocada por exudados químicos provenientes de los cultivos. Aconsejó que el problema podía resolverse por medio de rotación de cultivos. Describió que la avena era perjudicada por *Cirsium*, y que el lino y el centeno, también eran dañados por diversas malezas (**Einhellig, 1985; Rizvi y Rizvi, 1992**).

A principios del siglo XX, el problema reportado por muchos agricultores en relación con una paulatina disminución de la productividad al sembrarse ciclo tras ciclo el mismo cultivo, llevó a algunos investigadores a estudiar las posibles causas de esto. **Schreiner** y colaboradores (1907, 1909) en la primera década del siglo, lo relacionaron con la alelopatía.

El razonamiento que los condujo a esta hipótesis, se basó en el hecho de que los microorganismos producían con frecuencia sustancias que eran tóxicas

para ellos mismos o para otros organismos, y por lo tanto, un fenómeno similar podía ocurrir entre las plantas superiores. Pensaron que la disminución de la productividad agrícola en los suelos donde no había problemas aparentes de

fertilidad, podía deberse a la presencia de toxinas. Sus experimentos con lixiviados de estos suelos probados sobre el crecimiento de plántulas de trigo (que sentaron un precedente realmente significativo), confirmaron su hipótesis; más tarde, pudieron probar que la avena y el trigo excretaban a través de sus raíces compuestos autotóxicos que en ocasiones podían causar daño a otras especies de plantas, trataron de extraer los compuestos responsables de la inhibición y en sus bioensayos presentaron evidencias de los mecanismos de acción de los alelopáticos, determinando las tasas de transpiración de plántulas de trigo.

3. Definición:

La alelopatía es la producción de sustancias tóxicas por ciertas plantas y la consiguiente inhibición o interferencia de la germinación, crecimiento o desarrollo ocasionada en plantas próximas. Los mecanismos de alelopatía pueden incluirse en lo que se ha denominado también competencia extrínseca y van dirigidos a reducir las posibilidades de que el competidor explore el recurso; estas interacciones implican una interferencia directa en la obtención del recurso o menguar la capacidad del competidor en usar el recurso.

Aunque la competencia y la alelopatía son dos fenómenos distintos que pueden separarse de forma teórica y experimental, en la práctica son difícilmente separables. Por esta razón se utiliza de manera menos precisa el término interferencia, para incluir todas las interacciones existentes entre distintas plantas sin precisar su causa.

Los compuestos alelopáticos (**aleloquímicos**) suelen ser fenoles, terpenos, flavonas, alcaloides y otros compuestos del metabolismo secundario vegetal. Normalmente se trata de compuestos hidrosolubles. La complejidad estructural de estas sustancias es muy variable (desde sencillos como el ácido fenólico) hasta auténticas exhibiciones de la complejidad que puede llegar a alcanzar la naturaleza, como los derivados flavonoides. Estos últimos se encuentran también en las flores, y, aparte de sus propiedades alelopáticas, cumplen otras funciones; por ejemplo, reflejan longitudes de onda muy concretas, lo que sirve

de “pista de aterrizaje” para muchos polinizadores (**e. g. abejas**) que pueden captarlas. Muchos ecofisiólogos no suelen otorgar un papel importante a los metabolitos secundarios, pero a la hora de competir con otras plantas, pueden significar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

Generalmente, estos aleloquímicos se producen en hojas, tallos y raíces, y pueden entrar en contacto con otras plantas por varios caminos. En algunas especies también se producen en las flores (**e. g. *Acacia dealbata*. Leguminosae**). Así, las hojas y restos vegetales caen al suelo y al descomponerse liberan sus sustancias tóxicas. Los exudados de las raíces o partes aéreas también pueden ser lavados por la lluvia y arrastrarlos al suelo, donde pueden entrar en contacto directo con las raíces de las plantas vecinas o bien, pueden ser degradados por la actividad microbiana hasta otros compuestos que, incluso, pueden llegar a ser más tóxicos que las sustancias de partida. Con mucha frecuencia, lo que existe en la planta no es un solo tipo de molécula, sino mezclas de ellas que actúan conjuntamente. En algunos casos, unas refuerzan la acción de otra, en otros, cada una actúa en distintos **loci** de acción. Como se ve, el asunto guarda cierta semejanza con los fundamentos de los herbicidas.

Desde el punto de vista agronómico la existencia de estos fenómenos tiene sus inconvenientes: las malas hierbas que posean esos rasgos alelopáticos, además de competir (en el sentido clásico) con las cultivadas, pueden dañarlas aún más inhibiendo la germinación de muchas de las semillas, retardando la germinación de otras (cuyas plántulas legan demasiado tarde al nivel de humedad del suelo), disminuyendo el crecimiento de las cultivadas (especialmente de los ejemplares jóvenes), su vigor o el número de raíces y la extensión de la biomasa radicular, así como decreciendo la producción de flores o frutos. Así, la alelopatía es responsable de que en determinadas parcelas (las tierras de grama) la germinación y desarrollo de los cultivos sean irregulares y defectuosos. Por otro lado las plantas cultivadas también pueden exudar sustancias con efectos alelopáticos frente a las malas hierbas. Estos daños se incrementan cuando mayor sea el estrés al que están sometidas las dos especies (cultivada y alelopática), ya que, por un lado, en estas condiciones de estrés, las plantas se vuelven más sensibles a cualquier tipo de ataque (insectos, hongos, virus, malas hierbas, etc.) y, por otro lado, “las atacantes” sintetizan una mayor cantidad de aleloquímicos que se acumulan en

diversos órganos de las plantas y se “lavan” posteriormente por la lluvia o el rocío o se excretan por las raíces de manera activa.

Por ello, si se observan este tipo de daños (clorosis, falta de vigor, pequeño tamaño, escasa germinación o germinación ralentizada) y se tiene la certeza de que están causados por procesos alelopáticos, se debe tratar de disminuir las condiciones de estrés (si existen) o realizar algunas prácticas a corto-medio plazo. Entre éstas, el aumento del abonado (sobre todo nitrógeno) y del riego (especialmente indicado está proporcionar varios riesgos abundantes al suelo, para diluir estas sustancias) son las prácticas más frecuentemente recomendadas. Desde luego, resulta imprescindible eliminar la cubierta de malezas responsable de esta situación.

Pero es las Ciencias Agronómicas casi todo depende del grado de conocimiento que se tenga sobre el proceso biológico en sí y de la Imaginación de la que hagamos gala para aprovecharnos de su existencia. Por ello, la existencia de alelopatía puede llegar a suponer un recurso en los cultivos extensivos y en los procesos de producción de plantas. En el primer caso, existe un campo de investigación tremendamente sugerente que trata de emplear estas plantas y sus extractos (usados en bruto, o bien resintetizándolos en laboratorios) como un método biológico de controlar las malas hierbas.

Los trabajos de laboratorio realizados con la colaboración de varios alumnos de la EPS, y que aún están en fase preliminar, muestran que algunas malas hierbas como ***Nicotiana glauca***, ***Chamaesyce serpens*** y algunas especies cultivadas (tomate, perímtero falso) pueden inhibir la germinación y el crecimiento de la plántula de varias especies de malas hierbas (***Carrichtera annua***, ***Conyza albida***, ***Sonchus spp.***) en laboratorio.

CAPITULO II



1. Tipos de Alelopatía:

1.1 Alelopatía Positiva.- Es el efecto benéfico que tiene una planta sobre otra.

Ejemplo:

- ✓ El frijol verde y la fresa prosperan más cuando son cultivados juntos, que cuando se cultivan separadamente.
- ✓ La lechuga sembrada con espinaca se hace más jugosa.
- ✓ El frijol sembrado con maíz ayuda a repeler y disminuir los ataques del gusano cogollero.

1.2 Alelopatía Negativa.- Es la no convivencia de algunas plantas en un mismo espacio, pues hay determinadas, plantas segregan sustancias tóxicas por sus raíces y hojas impidiendo, el desarrollo de las plantas vecinas, como el ajeno, el eneldo, el diente de león y otras como el eucalipto. Algunas hortalizas no se aconsejan sembrar el asocio, por sus propiedades alelopáticas negativas, se rechazan o tienen una relación de antipatía; a estas plantas se las conoce con el nombre de plantas antagónicas.

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 1.
- b) **Kairomonas.-** 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 2.

- c) **Sinomonas.-** 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 1 y 2.

La mayoría de los alelopáticos se clasifican dentro, de los tres tipos de aleloquímicos, aunque existen algunos dentro de las feromonas, particularmente lo que afectan de una u otra manera a los miembros de una misma especie (por ejemplo, autotoxinas).

3. EFECTOS ALELOQUÍMICOS:

3.1. Alomonas.- Son sustancias aloquímicas (flavonoides), que dan ciertas ventajas a las plantas que la produce (planta huésped) como: Ajenjo, Altamiza, ruda y Guaba.

3.2. Kairomonas.- Son sustancias aleloquímicas que favorecen de modo adaptativo al organismo que las recibe (insecto fitófago).

3.3. Alomonas y Kairomonas.- Los compuesto aleloquímicos que tiene efectos negativos sobre el receptor se denominan "ALOMONAS", mientras que aquellos que confieren una ventaja adaptiva al organismo receptor son clasificados como "KAIROMONAS".

4. LA ALELOPATÍA COMO FACTOR ECOLÓGICO:

La definición más tradicional del fenómeno de alelopatía es la que la describe como "cualquier efecto, estimulador o inhibitorio, directo o indirecto causado por una planta sobre otra a través de la producción de compuestos químicos que escapan al medio ambiente" (**Rice 1984**).

La definición más amplia, es la desarrollada por la Sociedad Internacional de Alelopatía en 1996, definiéndola como: "cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos y agrícolas".

A partir de estas definiciones es posible extraer tres rasgos imprescindibles a tener en cuenta al estudiar la existencia del fenómeno alelopático: I) liberación

de un compuesto al ambiente encargado de transmitir un efecto, II) absorción por el organismo receptor y III) provocación de un efecto sobre su normal crecimiento.

La complejidad del fenómeno es resultado de las variables de cada uno de estos procesos, como por ejemplo, el mecanismo de liberación del aleloquímico y su estabilidad en el ambiente. De este modo se definirán los niveles y la forma en que el organismo receptor absorberá el aleloquímico y los innumerables modos de acción encontrados, muchas veces dependientes de la planta receptora.

5. MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS AGENTES ALELOPÁTICOS:

5.1. Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción

Debido a la diversidad de naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora. La comprensión del mecanismo de acción de un compuesto alelopático determinado tiene varios inconvenientes. En condiciones naturales las cantidades en que se encuentran disponibles muchas de estas sustancias son inferiores a las que se presentan actividad en bioensayos en laboratorio. Esto se debe a que frecuentemente existen interacciones sinérgicas y aditivas, lo cual dificulta determinar la actuación de cada compuesto. Esa presencia mínima de sustancia también dificulta su recuperación para ser utilizados en estudios de efectos fisiológicos y a nivel subcelular. Estudiando un agente alelopático en particular, muchas veces es difícil diferenciar efectos secundarios de la causa primaria de acción. La importancia del estudio de cómo actúan estas sustancias es evidente si se tiene en cuenta que son aproximadamente sólo doce los sitios moleculares de acción conocidos de los herbicidas actualmente utilizados en agricultura y entre las malezas en logarítmico el rito de aparición de resistencias a los productos comerciales en uso. Se deduce fácilmente que la utilización de sustancias con nuevos sitios de acción diferentes a los explotados hasta el momento permitiría reducir el impacto de éste problema.

La literatura nos brinda alguna comprensión de los mecanismos de acción de agentes alelopáticos pero, por todo lo señalado anteriormente, falta todavía más claridad respecto a cómo afectan el crecimiento de las plantas

receptoras. Los más estudiados hasta el presente en este aspecto son los compuestos fenólicos. Es una aproximación interesante seguir la trayectoria de estas sustancias a través de la planta mediante moléculas de las mismas marcadas con C14. Esto permite entender a qué partes son predominantemente transportados y en qué tejidos es factible que ejerzan su acción.

Los primeros estudios de este tipo mostraron que semillas en germinación de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebada son capaces de incorporar cumarina y los ácidos cinámico, cafeico y ferúlico. Otros trabajos con plantines indican que los ácidos salicílicos, ferúlico y p-hidroxibenzoico son rápidamente extraídos de medios nutritivos y traslocados a través de la planta.

Desgraciadamente, no se han utilizado moléculas marcadas con radioisótopos para la mayoría de los agentes alelopáticos. A continuación se analizarán diferentes aproximaciones destinadas a comprender los mecanismos de acción de estas sustancias.

5.2. Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos

Los componentes fenólicos pueden reducir o incrementar la concentración de Ácido Indol Acético (AIA), una fitohormona del grupo de las auxinas, monofenoles tales como los ácidos p-hidroxibenzoico, vainílico y p-cumárico.

5.3. Efectos sobre la fotosíntesis

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 *Abutilón teophrasti* y *Lemna minor* demostraron que varios ácidos derivados del benzoico y el cinámico (p. eje. 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 *Abutilón teophrasti*, 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 CO₂ vital para la producción de fotosintatos. En soja los ácidos ferúlico, vainílico y p-cumárico reducen el contenido de la 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.

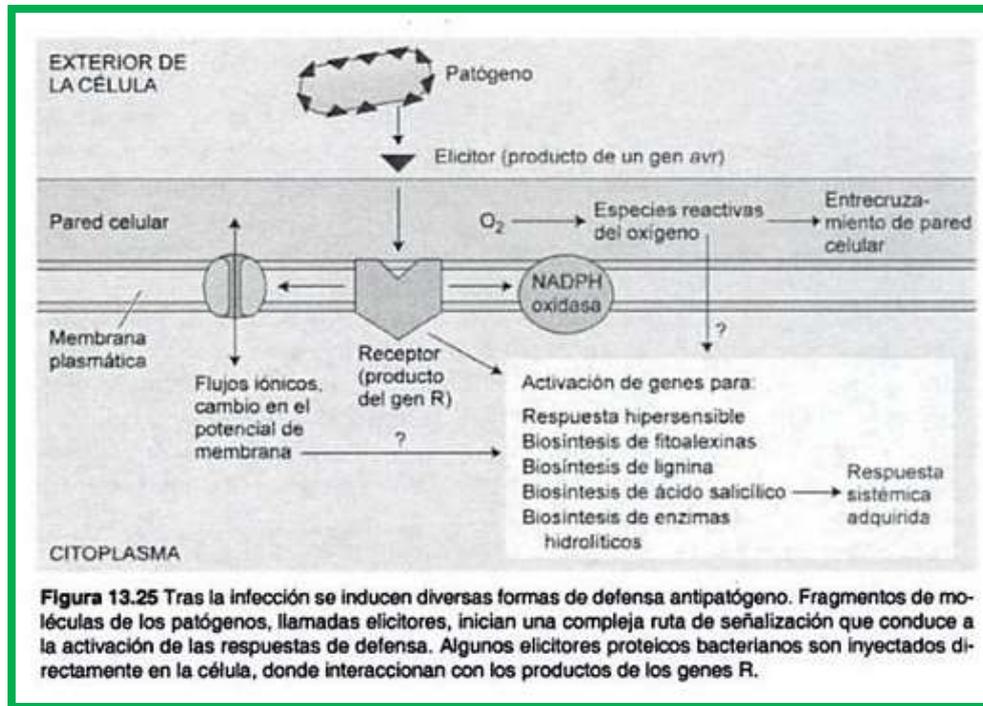
A concentraciones altas, sin embargo, provocan el cierre de los estomas e inhibición del proceso fotosintético. La experimentación con cloroplastos permite eliminar la interferencia de los factores indicados. Los ácidos fenólicos actúan en concentraciones relativamente altas inhibiendo el transporte de electrones lo que sugeriría según Einhellig que el sitio blanco de acción de estas sustancias es otro. Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural del cloroplasto. El quempferol, por ejemplo, aparentemente actúa como un inhibidor de transferencia de energía, impidiendo la síntesis de ATP. 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 sorgoleone y la juglona. El sorgoleone, 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 la 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.

5.4. Efectos sobre respiración

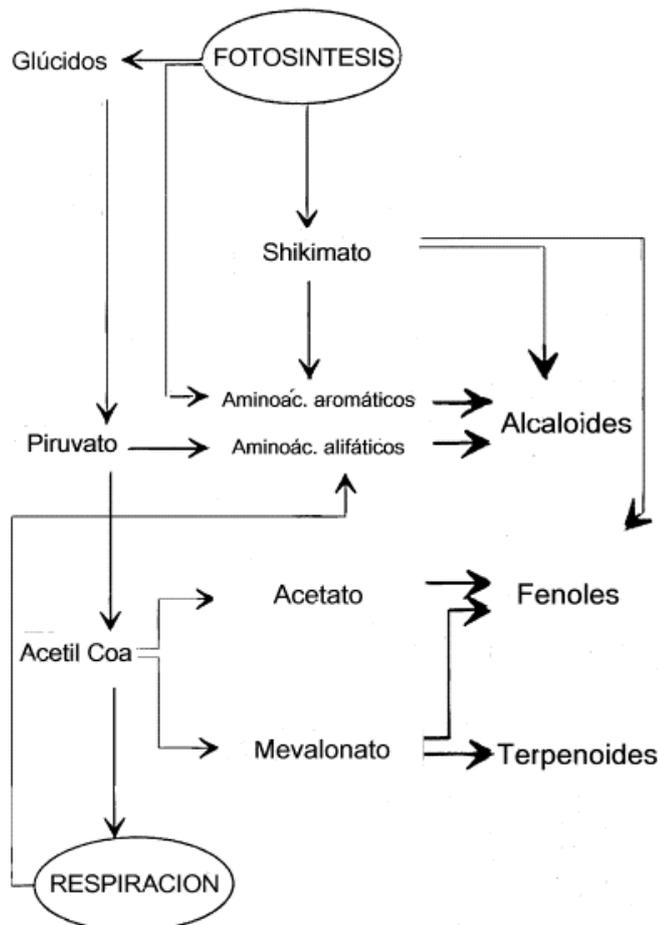
Para estudiar el efecto de los aleloquímicos sobre la respiración, normalmente se ensayan los mismos sobre suspensiones mitocondriales. Entre los compuestos fenólicos el orden de mayor a menor actividad es quinonas flavonoides, cumarinas y ácidos fenólicos. Las quinonas sorgoleone y juglona son efectivos inhibidores a muy baja concentración. Nuevamente el sorgoleone afecta el transporte de electrones, mientras que la juglona afecta la incorporación mitocondrial de oxígeno liberado al entorno a través de procesos

de descomposición, incorporándose a la matriz del suelo. Por tanto existen cuatro vías principales de liberación al entorno de los alelo químicos; estos son; volatilización, lixiviación, exudados radiculares y descomposición de residuos vegetales (Sampietro, 2002).

5.5. Efectos sobre procesos asociados a membranas



5.6. Modelo de acción alelopática de compuesto fenólicos



6. Modos de liberación de los Agentes Alelopáticos:

6.1. Volatilización:

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización se produce en plantas que producen etileno y aceites esenciales volátiles, los cuales están constituidos fundamentalmente por terpenoides.

En ecosistemas desérticos y mediterráneos, la liberación de compuestos alelopáticos a través de volatilización es un mecanismo frecuente, debido al predominio de altas temperaturas.

6.2. Lixiviación:

La lixiviación es la extracción acuosa de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. Su efectividad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación.

6.3. Exudación:

La reducción del rendimiento observada en algunos cultivos tradicionales se ha atribuido a toxinas liberadas por otros cultivos y malas hierbas asociadas. Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. Factores como la edad del vegetal, la nutrición, la luz y la humedad influyen tanto cualitativamente en la liberación de sustancias por las raíces. El efecto de los exudados radiculares ha sido extensamente estudiado por el efecto que tiene sobre las propiedades del suelo, tanto la presencia del exudado en sí, como las modificaciones microbianas causadas por este exudado.

6.4. Descomposición de residuos vegetales:

Los residuos en descomposición de las plantas liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen en la naturaleza de los compuestos incluyen la composición del residuo, el tipo de suelo y las

condiciones de descomposición, siendo los compuestos solubles en agua los que más rápidamente pueden ser liberados.

7. NATURALEZA QUÍMICA DE LOS AGENTES ALELOPÁTICOS:

Como se indicó anteriormente los agentes alelopáticos son metabolitos secundarios y los compuestos conocidos 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. Normalmente la literatura especializada los ordena en los siguientes grupos:

- ✓ **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 (por ejemplo, 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.
- ✓ **Lactonas no saturadas:** La psilotina y psilotinina son producidas por *Psilotum nudum* y *Twesiperis tannensis*, respectivamente. La protoanemonina es producida por varias ranunculáceas. Son poderosos inhibidores de crecimiento aunque el rol de estos compuestos en alelopatía no se conoce completamente.
- ✓ **Lípidos y ácidos grasos:** Existen varios ácidos grasos tanto de plantas terrestres como acuáticas que son inhibitorios de crecimiento vegetal. Se pueden citar entre otros los ácidos linoleico, mirístico, palmítico, láurico e hidroxiesteárico. Su rol en alelopatía no está completamente investigado.
- ✓ **Terpenoides:** Las plantas superiores producen una gran variedad de terpenoides, pero de ellos sólo unos pocos parecen estar involucrados en alelopatía.

Frecuentemente estas sustancias se aislaron de plantas que crecen en zonas áridas esenciales de los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores. Son conocidos por su potencial alelopático contra malezas y plantas de cultivo. Entre los más frecuentes con actividad alelopática se pueden citar el alcanfor, α y β pineno, 1,8-cineol, y dipenteno. Dentro de las plantas que los producen podemos citar los géneros ***Salvia spp***, ***Amaranthus*** y ***Eucalyptus***, ***Artemisia***, y ***Pinus***. Un sesquiterpeno destacado es el ácido abscísico una importante hormona vegetal y también agente alelopático.

- ✓ **Glicósidos cianogénicos:** Entre ellos se encuentran la durrina y amigdalina (o su forma reducida prunasina) de reconocida actividad alelopática. La hidrólisis de estos compuestos de lugar no sólo a cianhídrico sino también a hidroxibenzaldehído que al oxidarse origina el ácido p-hidroxibenzoico, el cual posee por sí mismo actividad alelopática. La durrina es frecuente entre especies tanto cultivadas como silvestres del género ***Sorghum***, ***Amigdalina*** y ***Prunasina*** son frecuentes en semillas de ***Prunaceae*** y ***Pomaceae*** actuando como inhibidores de germinación. La mayoría de los miembros de la familia ***Brassicaceae*** producen grandes cantidades de estos glicósidos, los que por hidrólisis producen isotiocianato con igual actividad biológica.
- ✓ **Compuestos aromáticos:** Estos comprenden la más extensa cantidad de agentes alelopáticos. Incluye fenoles, derivados del ácido benzoico, derivados del ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos.
- ✓ **Fenoles simples:** Entre ellos las hidroxiquinonas y la arbutina, se aislaron de lixiviados de ***Arctostaphylos*** e inhiben el crecimiento de varias plantas.
- ✓ **Ácido benzoico y derivados:** Derivados del ácido benzoico tales como los ácidos hidroxibenzoico y vainílico, están comúnmente involucrados en fenómenos alelopáticos. Dentro de las especies que los contienen se pueden citar el pepino, la avena (***Avena sativa***) y el sorgo. También se detectó la presencia de estos frecuentemente en el suelo.
- ✓ **Ácido cinámico y sus derivados:** La mayoría de estos compuestos son derivados de la ruta metabólica del ácido shikímico y están ampliamente distribuidos en las plantas. Se identificó la presencia de los

mismos en peino, girasol (*Helianthus annuus*) y guayule (*Parthenium argentatum*). Otros derivados de los ácidos cinámicos tales como clorogénico, cafeico, p-cumárico, y ferúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son inhibitorios de una gran variedad de cultivos y malezas. Los efectos tóxicos de estos compuestos son pronunciados debido a su larga persistencia en el suelo y muchos derivados del ácido cinámico han sido identificados como inhibidores de la germinación.

- ✓ **Quinonas y derivados:** Varias de las quinonas y sus derivados provienen de la ruta metabólica del ácido shikímico. El ejemplo clásico de estos compuestos es la Juglona y naftoquinonas relacionadas que se aislaron del nogal.



CAPITULO III



1. RECONOCIMIENTO DE UNA PLANTA ALELÓPATA

Para el análisis de cualquier planta sospechosa de producir sustancias alelopáticas, deben probarse las secreciones foliares, exudados radiculares, residuos, suelo donde crecieron las plantas en estudio, extractos de hojas, cortezas o raíces; y productos de descomposición por microorganismos.

Toda esta serie de variables en el donante; la edad o época cuando se producen las sustancias; los factores que intervienen en su formación y acumulación; y los bioensayos para determinar en qué forma el receptor es afectado, dan la base para una amplia gama de técnicas de investigación en el área de la alelopatía sobre el tema.

El método más simple consiste en la inmersión en aguas por variados periodos, de la parte vegetal que se desea estudiar, bien sea fresca o seca, y luego hacer bioensayos con el filtrado producido. Generalmente estos bioensayos se realizan en platos de Petri, en suelo o en soluciones nutritivas. La práctica de ayudar la extracción mediante la trituración de las partes en estudio, no es confiable por el temor a que durante la maceración las células de los tejidos en estudio sufran daños y puedan liberar al medio sustancias ricas en enzimas, azúcares, compuestos nitrogenados, ácidos orgánicos, sales, aminoácidos, los que pueden ser tóxicos a las plantas. Además, cuando se destruyen las células de un tejido verde, se alteran los procesos metabólicos que son básicos en las actividades alelopáticas. De esta manera se reduciría la oportunidad para detectar la presencia de ellas en los extractos acuosos. La práctica de maceración suave puede ser de utilidad, principalmente cuando se trabaja con tejidos secos. Igualmente pueden ser de provecho los bioensayos simultáneos con la extracción.

Otros sistemas de extracción incluyen el empleo de agua hirviendo, el autoclave o el uso de solventes orgánicos. Con los dos primeros se aumenta la difusión de las sustancias químicas en el agua de extracción y a la vez se eliminan los posibles inconvenientes con microbios. Los solventes orgánicos

ayudan a la extracción de un mayor número de sustancias. Como estos métodos implican la muerte del tejido o el trabajo con tejidos muertos, los resultados no son necesariamente los mismos que se obtienen cuando se trabaja con el tejido vivo. Estos métodos serán válidos cuando las sustancias alelopáticas son el producto final de un proceso metabólico que logre acumularse en el tejido estudiado.

Para estudiar sustancias que se producen continuamente, durante el crecimiento de la planta, y que puedan liberarse de la parte aérea mediante el lavado con las lluvias o el rocío, generalmente se acostumbra a rociar suavemente el follaje de estas plantas y atrapar dicha agua para hacer con ella los bioensayos en platos de Petri, soluciones nutritivas, suelo o arena.

Otro campo de investigación interesante con alelopáticos se presenta cuando estas sustancias son producidas mediante secreciones radiculares durante el crecimiento de las plantas. Rara estas investigaciones se usan varios métodos: a) cultivar la planta en agar y posteriormente analizar ese agar para la presencia de las posibles sustancias activas; b) sembrar en arena la planta donante y la receptora y antes de que se presente competencia analizar en la planta receptora el posible efecto de las sustancias producidas c) cultivar la planta donante en arena por un tiempo, lavar posteriormente esa arena con agua y con esta agua hacer los bioensayos en cajas de Petri, suelo a arena; d) cultivar en materos individuales con arena las plantas donantes y las receptoras y luego colocarlas alternamente en el sistema conocido como de "escalera". En este sistema una solución nutritiva fluye por gravedad desde un recipiente superior, a través de los materos donde se alternan individualmente las plantas donantes y receptoras. Al final la solución llega a un recipiente desde donde se vuelve a recircular en el sistema **(Sell y Koeppe, 1972)**.

Cuando se trata de evaluar el efecto alelopático de las sustancias liberadas para los tejidos vegetales muertos o producidas durante su descomposición, la metodología es más simple, pero el análisis de la información obtenida es más difícil. Basta con poner o mezclar los residuos de la planta donante con el suelo donde se van a hacer los estudios. Luego, a diferentes intervalos se siembran las plantas receptoras. Se puede trabajar con suelo esterilizado para descartar la participación de los microorganismos o dejarlos actuar en la descomposición de los residuos. Posteriormente se aíslan para analizar en ellos la presencia de subproductos de sus metabolismo con posibles sustancias alelopáticas.



En los trabajos con residuos vegetales se presentan dificultades de análisis porque no es fácil determinar si las sustancias o productos son liberados por los tejidos vegetales, por los microorganismos o si son debidos a una interacción entre los dos.

En los estudios con sustancias alelopáticas gaseosas generalmente se mide en efecto sobre la germinación de las semillas de las plantas potencialmente involucradas. En estos trabajos, únicamente las emanaciones gaseosas producidas por el donante entran en contacto con las semillas de las plantas receptoras.

2. EFECTOS ALELOPÁTICOS QUE PUEDEN OCASIONAR ALGUNAS PLANTAS SOBRE LOS INSECTOS Y MICROORGANISMOS

Las sustancias alelopáticas que segregan algunas plantas, pueden influir en los insectos de diferentes formas:

- ✓ Afectando el comportamiento sexual de los insectos **(Gisaza 2001)**.
- ✓ Actuando como: mensajeros de disuasión ocasionando efectos antialimentarios, repulsivos o tóxicos **(Gisaza 2001, Whittaker, 1971, De la Cruz 1998)**.
- ✓ Pueden influir en la presencia o atracción (plantas trampa) de insectos depredadores y parásitos, que destruyen a los herbívoros agresivos o pueden influir en la ausencia o rechazo de insectos, **(plantas repelentes)**.
- ✓ Algunas plantas tienen sustancias alelopáticas que pueden tener efecto negativo en los enemigos naturales de las plantas, afectando su fertilidad, fecundidad, desarrollo y la movilidad en general, dificultándose incluso la búsqueda del hospedero.
- ✓ Algunas plantas tienen metabolitos secundarios que son tóxicos, con función antibacteriana o antifúngica e inhiben la germinación de esporas. **(Vivanco et. al. 2005)** y por tanto frenan el proceso infeccioso **(Ward 1905)**.

Algunas de estas sustancias son: aldehídos, alcoholes, alicina, alcanfor, borneol, ceneol, capsaicina, colina, cumarina, ésteres, fenoles, jasmolina, piretrinas, taninos, terpenoides, rotenoides, saponina, entre otras muchas.

3. EFECTOS ALELOPÁTICOS QUE PUEDEN OCASIONAR UNAS PLANTAS SOBRE OTRAS DE DIFERENTE ESPECIE.

Los efectos alelopáticos entre las plantas, son ocasionados por los exudados, aromas o feromonas que secretan las raíces, hojas, flores, semillas y cortezas de las plantas, los cuales según las especies vegetales que se asocien o intercalen, ocasionan, efectos benéficos o negativos en ellas que pueden incidir en:

- ✓ La inhibición o retraso en la germinación de semillas.
- ✓ El crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a que pueden afectar la introducción o formación de hormonas de crecimiento.
- ✓ La producción de cultivos.
- ✓ El sabor de los cultivos vegetales obtenidos.
- ✓ Alteraciones fisiológicas tales que pueden producir la muerte vegetal de las plantas. **(Lacosa 1984, citado por Puentes 1998).**

4. TIPOS DE PLANTAS ALELOPATAS

4.1. Plantas para control alelopática

- ✓ **Borraja.-** Sembrada en las esquinas de las eras o en camas intermedias del cultivo controla el gusano comedor de follaje del tomate y mejora el crecimiento y sabor de los mismos.
- ✓ **Salvia.-** Sembrada intercalada en el cultivo del repollo y la zanahoria controla la polilla del repollo y la mosca de la zanahoria.
- ✓ **Mejorana.-** Sembrada en las eras intercaladas con el cultivo mejora el sabor de las hortalizas y repele el ataque de la zanahoria.
- ✓ **Tomillo.-** Sembrada en diferentes sitios de la huerta atrae insectos benéficos y detiene el ataque del gusano comedor de hoja en el repollo.

Otro efecto benéfico de las hierbas es el de proporcionar una esencia aromática a la atmósfera cuando están sembradas entre los vegetales y en menor proporción cuando están en los bordes o al final de los surcos.

- ✓ **Ortiga.- (*Urtica urens* L.)** sembrada cerca de cualquier planta aromática la aumenta la pungencia y el aroma: por ejemplo, al lado de la hierbabuena la incrementa el doble la cantidad de aceite esencial.
- ✓ **La achules o colchón de pobre.- (*Achillea millefolium*)** también incrementa la calidad aromática de todas las hierbas que crecen junto a ellas.

Otra forma como las hierbas pueden ayudar a contribuir y a mantener buenos huertos es, controlando orgánica y biológicamente tanto enfermedades como insectos plaga. Aquí, prevenir es mejor que curar. No solamente plantas individuales, sino todo el cultivo puede llegar a enfermar a través de prácticas de monocultivo, pues la naturaleza por sí misma nunca produce una sola clase de plantas en un área, por esto, éste tipo de práctica no es recomendable.

Usualmente, la mayor variación es mejor si en general se desarrolla un paisaje de jardín, en donde si todas crecen juntas se proporcionan un mutuo beneficio. Las razones de estos beneficios mutuos son la exudación de raíces, hojas y flores o los residuos de plantas, cuyas emanaciones son absorbidas de una planta a otra por las conexiones mediante equilibrio natural se establece, pero que el hombre sin querer ha perturbado.

La influencia de una hierba sobre otra es otro aspecto de conservación, el cual relaciona la calidad del producto con la salud del consumidor.

En su mayoría, las plantas acompañantes además de crear un beneficio mutuo, también ejercen una acción repelente.

4.2. Plantas Aromáticas y Medicinales para control Alelopático.

- ✓ **Ajenio (*Arthemista Absvnthium*).**- Muchos jardineros que lo han cultivado certifican que las plantas que crecen cerca al ajeno no prosperan. Algunos experimentos muestran que el ajeno inhibe el crecimiento del hinojo, la salve y la alcaravea (**Carumcarvi**) entre otros, debido al exudaciones tóxicas de sus raíz, las cuales permanecen

activas por algún tiempo en el suelo circundante. Cuando se siembran plantas de anís cerca del ajeno, estas crecen apachurradas, la cual demuestra el efecto retrasador del crecimiento de causa principalmente en épocas de lluvia, pues sus toxinas solubles se desplazan de unas plantas a otras y en un radio amplio del suelo. Sin embargo se ha demostrado que repele a su vez moscas negras y polillas y protege el repollo contra el gusano, cuando la planta de ajeno se aplica en forma de té. Los baños de ajeno alejan las pulgas de gatos y perros, también se le puede usar en bodegas de almacenamiento para prevenir el ataque de gorgojos y plagas de granos y en árboles frutales para controlar áfidos. Se le debe usar con precaución sobre los vegetales, pues se puede retardar su crecimiento, principalmente si se utilizan soluciones muy concentradas.

Es una planta que no tiene compañera, pero se le puede sembrar en los linderos para que actúe como repelente de babosas.

- ✓ **Ajo (*Allium sativum* L).**- El ajo promueve el crecimiento de los vegetales. Cuando se le siembra con rosas se proporcionan un beneficio mutuo. Los ajos, las cebollas y los cebollines inhiben el crecimiento de la arveja y el frijol. Los cultivadores de arveja en Europa suelen colocar dientes de ajo entre el grano almacenado, como protección contra gorgojos.

El extracto de ajo se puede usar para controlar varias enfermedades como el tizón tardío o gotera (*Phytophthora infestans*) en papa y tomate, o la pudrición marrón en frutales. Compañero de la fresa mejora el crecimiento y controla escarabajos.

- ✓ **Albahaca (*Ocimum basilicum* L. Willd).** - Después de afirmar una y otra vez que las hierbas aromáticas son benéficas para los vegetales de huerto debido a que ellas estimulan las cualidades de algunas plantas; se ha encontrado que algunas no ejercen efectos benéficos, sino que por el contrario son perjudiciales. La albahaca por ejemplo, se rechaza fuertemente con la ruda, pero es excelente compañera del tomate. Además, repele moscas y mosquitos.

Entre la albahaca y la ruda no existe una armonía, quizás por la misma naturaleza de las plantas, pues la albahaca es dulce y la ruda es de las hierbas más amargas.

- ✓ **Borraja (*Borrigo officinalis* L.)**.- Las fresas y la borraja se ayudan mutuamente. Si la borraja está limitada a una pequeña proporción de plantas en la cama de las fresas, la ayudarán a crecer bien. Sin embargo, algunos cultivadores prefieren mantener la borraja fuera de las camas debido a que la fresa se extiende y abarca mucho espacio. La borraja es también un buen atrayente de abejas cuando está florecida.
Compañera del tomate, el zapallo y la fresa. Controla el gusano comedor el follaje del tomate y mejora su crecimiento y sabor.
- ✓ **Botón de Oro (*Helichrysum orientale*. Gaertn.)**.- Compañera del tomate y la curuba, pero en general es benéfico para impedir enfermedades en todos los cultivos. Da capacidad al suelo de fijar ácido sílico.
- ✓ **Caléndula (*Calendula officinalis* L.)**.- La caléndula exhuda sustancias en sus raíces, las cuales eliminan nematodos del suelo. Sembrada entre las camas de rosas controla los nematodos, pero también se le puede plantar para controlarlos en otros cultivos. Los tomates crecen mejor y producen más frutos cuando se siembran con caléndula. El olor de las hojas de caléndula y su floración actúan como repelentes efectivos de insectos en frijol y otros muchos cultivos.
Repelente de nematodos en muchos cultivos, principalmente en fresa y papa. Intercalada con la hierbabuena, repele palomilla.
- ✓ **Orégano (*Origanum vulgare* L.)**.- Presenta características a la mejorana. Su aroma mejora el sabor de las verduras.
- ✓ **Ortiga Picante (*Urtica urens* L.)**.- Ayuda a las plantas vecinas a crecer más resistentes a las pudriciones; cambia los procesos químicos de sus vecinas, pues en muchas incrementa el contenido de aceite esencial (Ejemplo: Valeriana, yerbabuena. mejorana y salvia) y estimula la formación de compost.
Las hojas y los tallos de esta planta se descomponen en un compost ideal para los cultivos; además, puede haber ciertas secreciones en las raíces, las cuales estimulan la vida y a la fermentación del compost.
Ayuda a su planta vecina a desarrollar resistencia contra hongos que producen pudrición del pie de la planta (*pythium*). Controla pulgones.
- ✓ **Petunia (*Petunia hybrida hort*)**.- Excelente compañera del frijol.

- ✓ **Rábano Picante (*Raphanus raphanistrum L.*).**- Los rábanos ayudan al mejor crecimiento de vegetales como la arveja, el frijol y el nasturcio. Sembrar lechuga asociada con rábanos permite que éstos se desarrollen mejor y sean más grande. Sembrar unas cuantas semillas de rábano junto al pepino cohombro le mantendrá alejado al gorgojo rayado del pepino (*Diabrotica vittata*). Es el mejor compañero de la papa, pues repele las chizas.

- ✓ **Romero (*Rosmarinus officinalis*).**- El romero y la salvia tienen un efecto mutuo estimulante del crecimiento.

Compañero del repollo, frijol, zanahoria y salvia, ya que estimula su crecimiento. Repele la polilla del repollo, el escarabajo del frijol y la mosca de la zanahoria.

- ✓ **Ruda (*Ruta graveolens L.*).**- Atrae las moscas de casa y establos, se le debe sembrar cerca de las pilas de compost y al borde o alrededor de los cultivos.

Debe sembrarse lejos de la albahaca y cerca de los cultivos de rosa. Como trampa atrae las moscas y polillas negras; además, controla escarabajos.

- ✓ **Salvia (*Salvia Officinalis L.*).**- Cuando la salvia crece junto o cerca del repollo, estimula su crecimiento y lo protege de la mariposa del repollo, inclusive esparcir ramitas de salvia a través del cultivo ejerce un efecto benéfico para repeler esta plaga. La salvia también ayuda a que los repollos sean más grandes y digeribles. Debido a este útil efecto de protección, la salvia puede usarse en forma de té; no sobre plantas jóvenes porque podría retardar el crecimiento, pero sí, sobre plantas adultas que ya han pasado la etapa de floración.

Compañera del romero, la zanahoria y el repollo. En zanahoria controla la mosca y el repollo la polilla. Debe sembrarse lejos del pepino. (*Cucumis anguría L.*)

- ✓ **Tomillo (*Thymus vulgaris L.*).**- Controla el gusano del repollo. Es benéfico para todas las plantas y estimula la fauna biológica benéfica.
- ✓ **Valeriana (*Valeriana Officinalis L.*).**- Sembrada en los bordes, ayuda a mejorar el crecimiento en la mayoría de los vegetales. Es una planta

especialista en fósforo, pues estimula su actividad en las plantas vecinas.

La valeriana incrementa la salud general y la resistencia de las plantas a enfermedades causadas por hongos.

El extracto de valeriana puede asperjarse al suelo o a la planta de cualquier estado de desarrollo de ella.

- ✓ **Yerbabuena o Hierbabuena (*Menta piperita*).**- La yerbabuena plantada o esparcida entre los cultivos de repollo; los protege de la mariposa blanca del repollo. Cuando se siembra en compañía de manzanilla se

pueden inhibir la producción de aceite esencial, mientras que la manzanilla por sí misma se beneficia de esta asociación y podría incrementar el contenido del aceite, sin embargo, cuando se le siembra alternada con ortiga en una proporción de 3 surcos de yerbabuena por uno de ortiga, se incrementa su contenido de aceite en más de 100%.

Es una excelente compañera de muchas plantas, por su fuerte olor mejora la salud y el sabor de la col y la defiende de polillas blancas y pulgones.

Sembrada debajo de los cítricos proviene el ataque de áfidos y pulgones (Insectos chupadores).

4.3. Plantas Hortalizas para control Alelopático

- ✓ **Acelga (*Beta vulgaris* L. Var. Cicla PC).**- Es una excelente planta para mejorar el drenaje en suelos pesados.
- ✓ **Ajo (*Aijlim sativus*).**- En general, las plantas de la familia LILIACEAE son perjudiciales en los cultivos de arveja y frijol en asocio o en rotación.
- ✓ **Apio (*Aoium graveolens* L.).**- Cuando siembra alternado con los puerros logra ejercer un gran beneficio o éste último. También se ha encontrado que cuando el repollo crece a vecindad del apio, éste es menos afectado por microorganismos patógenos. Es buena compañera de los puerros, el tomate y el frijol arbustivo.
- ✓ **Cilantro (*Coriandrum sativum* L.).**- Atrae con sus flores, abejas o insectos benéficos.

- ✓ **Espinaca (*Spinacia oleracea* L.)**.- La espinaca por el tamaño de sus hojas proporciona sombra al suelo evitando que se formen costras, ayuda a mantenerlos húmedo y estimula la microfauna.
Por la saponina que fábrica es su estructura se descompone el compost muy fértil lo cual beneficia los cultivos de rotación como la col o el repollo.
- ✓ **Lechuga (*Lactuca sativa* L.)**.- La lechuga gusta de las fresas, es ayudada por la presencia de zanahorias y hace que los rábanos sean más grandes.

Plantada en buenos suelos ayuda al crecimiento de las cebollas]; la combinación con repollo y remolacha es excelente.
- ✓ **Nabo (*Brassica napus* L.)**.- El nabo afloja los suelos pesados, los suaviza y mejora el drenaje con sus raíces fuertes. También mejora el suelo maltratado con la aplicación de productos químicos.
- ✓ **Perejil (*Petroselinum sativum* Hoffm.)**.- Buen compañero de rosas y tomates. Sus flores atraen las abejas.
- ✓ **Puerro (*Allium porrum* L.)**.- El uso de estiércol de cerdo beneficia los cultivos de puerro y apio. Los puerros más delgados crecen mejor cuando se les siembra con arracacha, pues los dos requieren buena cantidad de potasio que obtienen el estiércol de cabra y de cerdo.

Ayuda también a repeler la mosca de la zanahoria.
- ✓ **Rábano (*Raphanus raphanistrum* L.)**.- Ayuda a mejorar el crecimiento de otras verduras, especialmente lechuga, arveja y zanahoria.
- ✓ **Zanahoria (*Ducus carota* L.)**.- Cuando se van a preparar suelos pesados para un cultivo de zanahoria, se puede sembrar 1 año soya para dejarlo suelto y friable. La zanahoria crece bien con lechuga y rábanos rojos. Las sustancias liberadas por su raíz benefician a las arvejas, aun cuando es usada en rotación. Crece mejor, asociada a la lechuga y la cebolla. La cebolla protege también a la zanahoria contra las plagas.

4.4. CONTROL ORGÁNICO DE INSECTOS Y PLAGAS DE ALGUNOS CULTIVOS ALELOPÁTICOS



- ✓ **Ácaros-Arañitas Rojas.-** En frutales, hortalizas, leguminosas y solanáceas se pueden controlar con extracto de nicotina, ajo, piretro o de cuasia (*Cuassia amara L.*) y repelen con extracto de caléndula o ruibarbo. También se hacen fumigaciones con orina de vaca.
- ✓ **Babosas.-** En hortalizas se controlan colocando costales húmedos en el cultivo para que la plaga busque bajo ellos. Cada día por la tarde se recogen para eliminar las babosas que se quedan allí enredadas. El té de ajeno es también muy útil para su control.
- ✓ **Áfidos.-** En leguminosas y frutales se controlan con extracto de yerbabuena o infusión de ruibarbo (*Rumex crispus L.*). En fresa se controlan con extracto de tabaco negro molido y se repelen con extracto de anís (*Pinpinella anisum L.*) o caléndula (*Calendula officinalis*). También se controlan con berros, hierbabuena, ortiga picante y ajo en muchos cultivos.

Colocar boca abajo dispersas en el cultivo cáscaras de naranja son pulpa, partidas a la mitad; las babosas buscan sombra bajo ellas, por toque se pueden recoger manualmente. El Hidrolato de ajeno con sal y jabón controla muy bien la babosa.

- ✓ **Barrenadores.-** Se controlan con extracto de tabaco, ajo, neem, o piretro, con orina de vaca y con *Bacillus thuringiensis* en leguminosas, maíz y otros cultivos.
- ✓ **Cogolleros.-** En tomate y fresa se controlan con extracto de tabaco. La borraja controla el gusano del tomate y atrae abejas polinizadoras. En maíz se controlan con extracto de neem, tabaco o piretro.
- ✓ **Comedores de Hoja.-** En hortalizas, leguminosas y frutales se controlan con extracto de tabaco o con fusión de ají picante molido.
- ✓ **Chizas.-** Se controlan sembrando rábano (*Raphanus Raphanistrum L.*) antes de sembrar tubérculos, fresas y otros cultivos susceptibles. Se previenen con una adecuada preparación del suelo. También se puede sembrar 1 surco de rábanos cada 10 metros de cultivo.
- ✓ **Gusanos Blancos.-** En la papa se controlan sembrando plantas de hinojo o eneldo entre los surcos (Una planta al inicio, una al medio y una al final de cada surco).

- ✓ **Gusanos de Follaje.-** En hortalizas y leguminosas se controlan con extracto de ajo o de ají seco molido.
- ✓ **Gusanos de Zapallo.-** Se controlan fumigando con extracto de nasturcia o mastuerzo (*Nasturtium officinale*).
- ✓ **Hongos.-** Los hongos son agentes causales de muchas enfermedades en las plantas, pero también pueden ser controlados con plantas. La roya del frijol, la roya de la papa y la roya del trigo pueden controlarse con extracto de hojas y flor de papaya, de ajo o de manzanilla dulce.
- ✓ **Hormigas.-** Se controlan sembrando canavalia (*Canavalia ensiformis*), hierbabuena puntiaguda, tanaceto o poleo (*Satureña brownel (sw) Brig*).

- ✓ **Mariquitas o Tortuguilla de Leguminosas.-** Aplicar fumigaciones con extracto de piretro, ajo o neem antes del desove de la plaga.
- ✓ **Moscas Blancas.-** En hortalizas y leguminosas se siembran al azar algunas plantas de tabaco, el cual al florecer segrega sustancias pegajosas que atrapan moscas. Sembrar entre los surcos plantas de botón de oro (no caléndula), las cuales segregan sustancias ferohormonas que son absorbidas por las raíces de las otras plantas y actúan como repelente de las moscas. Para su control también se emplean fumigaciones con extracto de ajo, piretro y tabaco.
- ✓ **Gusanos Blancos.-** En la papa se controlan sembrando plantas de hinojo o eneldo entre los surcos (Una planta al inicio, una al medio y una al final de cada surco).
- ✓ **Moscas Minadoras.-** Esta plaga ataca principalmente leguminosas, hortalizas, tubérculos y otros muchos cultivos como las flores. Fumigar veces antes de su floración y 12 días después con extracto de tabaco (nicotina), para su control.
- ✓ **Plagas de la Col.-** Todos los insectos que atacan la col se pueden controlar con fumigaciones a base de extracto de mamey (*Mammea americana*), neem (*Ardirachta indica*), margarita piretro (*Crysanthemum cinerariaefolium*), cuasia (*Cuassia amara L.*) y tabaco (*Nicotina tabacum*).

- ✓ **Plagas de Granos Almacenados.-** Las plagas de granos almacenados se pueden prevenir con sustancias minerales (Cenizas o arena), aceite de neem, aplicación de insecticidas botánicos a base de extracto de neem, ají (*Capsicum baccatum* L.), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), mamey y menta (*Menta soicata*).
- ✓ **Pulgones.-** El extracto de tabaco los controla en hortalizas, frutales y fresa. El extracto de hierbabuena a la infusión de ruibarbo (*Rheum officinales*) son también efectivos.
- ✓ **Pulguilla (Epitrix).-** En papa se previene haciendo cultivos mixtos con maíz. Sembrando 1 surco de maíz cada 20 surcos de papa.
- ✓ **Trips (*Thrips spp* o *Franklinella spp.*)-** En flores, hortalizas, legumbres y leguminosas se controlan con extracto de ajo, neem, piretro, tabaco o con soluciones jabonosas de algodón de seda (*Calatropis procera*).

- ✓ **Trozadores.-** Se repelen sembrando algunos surcos de ajo entre los surcos de los cultivos de hortalizas, leguminosas, fresa o tubérculos (1 de ajo por 10 del cultivo). Se previene con una adecuada preparación del suelo.

5. ALELOPATIA EN LAS ARVENSES

➤ Factores que afectan la persistencia de las arvenses en los campos cultivados

La persistencia de las arvenses en los campos agrícolas es afectada por factores climáticos, edáficos y bióticos.

a) **Factores climáticos.-** Los más importantes en este grupo son la radiación solar, la temperatura, el agua y el viento. La intensidad, calidad y duración de la radiación solar afectan el crecimiento, reproducción y distribución de las arvenses (**Akobundu, 1987**).

Usualmente las especies pioneras en una sucesión vegetal son menos tolerantes a la sombra que las especies que corresponden a

la etapa clímax; en esos casos la sombra induce cambios en el peso seco y la morfología de la planta (**Miecdícken, 1997**).

- b) Factores edáficos.-** Entre los más importantes se encuentran el agua, la aireación, el pH, la temperatura y la fertilidad del suelo. La importancia de este factor se encuentra en que es el reservorio de las semillas y propágulos de arvenses.
- c) Factores bióticos.-** En ellos están comprendidos los efectos de las plantas y animales sobre la persistencia de semillas, por ejemplo, hay insectos que afectan la persistencia de semillas al consumirlas como alimento (**Nisensohn, 1999**). Así mismo, en los últimos años se han intensificado los estudios sobre el efecto de patógenos como biocontroladores de arvenses (**Charudattan y Dinooor, 2000**). Uno de los factores que también se encuentran en este grupo es la interferencia que se presenta entre plantas, especialmente la de carácter químico, y que se conoce como alelopatía.

➤ **Alelopatía o interferencia química**

La alelopatía es un mecanismo de interferencia química entre dos seres vivos que, en el ámbito de las especies vegetales, se verifica mediante la supresión de la germinación y el crecimiento de una especie frente a otra, a través de la liberación de sustancias químicas inhibitorias (**Whittaker & Feeny, 1971; Liebman & Ohno, 1998**). Este efecto, denominado alelopático, generalmente complementa el efecto de competencia que las arvenses ejercen sobre los cultivos.

➤ **Especies con potencial alelopático**

Muchos estudios han explorado el potencial alelopático de especies de plantas de diferentes familias, muchos de ellos enfocados a la búsqueda de compuestos químicos con actividad herbicida, así como a los efectos de cultivos sobre arvenses, sobre otros cultivos y sobre sí mismos, y de los efectos de arvenses sobre otras arvenses (**Stachon & Zimdahí, 1980; Tominaga & Watanabe, 1997**) Con respecto al efecto alelopático de extractos vegetales, Duke (**2002**) efectuaron una excelente revisión de compuestos químicos naturales para el control de arvenses.

6. ALELOPATÍA EN YAISYS BLANCO

El fenómeno de la alelopatía ha sido plasmado en documentos que datan de unos cuantos siglos a.C. Un documento tan antiguo como del año 300 a.C. relata que muchas plantas cosechadas (chícharo, cebada, frijol forrajero) destruyeron malas hierbas e inhibieron el crecimiento de otras cosechas.

Autores de muchos lugares del mundo han investigado y definido el fenómenos de la alelopatía, con mayor o menor exactitud, y han coincidido en ver la alelopatía, de forma general, como el efecto producido por las interacciones bioquímicas que se establecen en un agroecosistema entre una especie donante y otra receptora, que influye a plantas y microorganismos y pueden ser daños o beneficios, entre muchos más.

En la naturaleza, las plantas están expuestas a factores bióticos y abióticos con los cuales han coevolucionado. La presión de selección ejercida por estos a lo largo del proceso evolutivo provocó el desarrollo en los vegetales de numerosas rutas de biosíntesis, a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios. Se sabe que muchos de ellos juegan un importante papel organismos vivos en el entorno natural.

Entre ellos, existen sustancias que producidas por una planta proporcionan beneficios, al provocar determinados efectos sobre otras plantas o animales.

Estas sustancias se denominan aleloquímicos y el fenómeno en el cual están involucradas se designa con el nombre de aleloquimia. En este trabajo se analizarán las características de un tipo especial de aleloquimia que se establece entre individuos vegetales denominado alelopatía.

El término alelopatía (del griego allelon=uno al otro, del griego pathos=sufrir; efecto injurioso de uno sobre otro) fue utilizado por primera vez para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos, que son directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos, que liberados por una planta, ejercen su acción en otra. Siguiendo esta definición, en todo fenómeno alelopático existe una planta (donador) que libera compuestos químicos al medio ambiente por una determinada vía (por ejemplo, lixiviación, descomposición de residuos, etc.), los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre la germinación, el crecimiento o desarrollo de esta última.

Los compuestos alelopáticos que desencadenan el proceso se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas.

Todas las interferencias bioquímicas desencadenadas entre plantas, incluyendo microorganismos, provocadas por un organismo (donador) sobre otro (receptor), restringen el significado de la palabra solamente a efectos perjudiciales apenas entre las plantas superiores, por lo que se excluyen a los microorganismos. Otros autores tienen en cuenta que estas mismas sustancias químicas influyen en las relaciones entre otros organismos que no son plantas, tales como insectos y herbívoros. Puesto que el término abarca todas las interferencias entre seres vivos, provocadas por ellos y que ocurren en el reino vegetal; este concepto es el que parece ser más adecuado.

Se definen dos formas de aieiopatía, “accrísodinamia”, influencias a través de metabolitos provenientes de organismos autótrofos y “saproccrinodinamia”, influencia a través de metabolitos producidos por organismos saprofitos.

Sobre la base del análisis anterior, se tendrá en cuenta el criterio enunciado de la aieiopatía, para referirse a los efectos nocivos de un compuesto químico producido por una planta superior sobre otra.

Esto sería consecuencia de que frecuentemente la fuente emisora de un compuesto alelopático no se conoce a priori con claridad. Por ejemplo, compuestos liberados por plantas superiores pueden ser alterados por microorganismos en el suelo, antes de que ejerzan su acción sobre la planta receptora. A su vez, es difícil establecer la fuente de producción de un compuesto aislado en el medio edáfico.

Es necesario puntualizar que muchas sustancias con actividad alelopática tienen efectos benéficos a muy bajas concentraciones y, superado un determinado umbral, actúan negativamente sobre la planta receptora. Aun así, predomina en la literatura especializada la descripción de efectos negativos. Por otra parte, el término definido incluye a hongos y otros microorganismos además de las plantas superiores, puesto que en su tiempo todos ellos se consideraban miembros del reino vegetal. La confusión aumenta si se tiene en cuenta que muchos agentes alelopáticos,

además de tener un efecto sobre plantas también los tienen sobre otros tipos de organismos distantes a estas, como los herbívoros e insectos fitófagos.

7. CUCUMIS SATIVUS Y AVENA SATIVA

Tiene mayor capacidad que otras razas para reducir el efecto competitivo de algunas malezas. Se podría entonces tratar de manipular el fenómeno para lograr ventajas agronómicas (**Lockerman & Putnam, 1978**).

Un aspecto agronómico por el cual es de interés particularmente el fenómeno de la alelopatía es por su aplicación en el manejo de las malezas. Desde tiempos remotos existe información sobre la producción de sustancias alelopáticas por muchas malezas, bien sea generadas por sus semillas, durante su crecimiento o después de muertas.

Los siguientes podrían ser algunos de los temas de interés para el estudio de la alelopatía en las malezas: a) su efecto sobre los cultivos; b) desequilibrio en poblaciones de malezas y c) la caracterización de las sustancias producidas.

8. CONVULVULUS SEPIUM

Contra plantas de trigo (**Quinn, 1974**) y de algunas variedades de arroz contra otras, sin que se presentara autotoxicidad).

En una investigación realizada en Colombia, para estudiar la eficiencia de algunos herbicidas en el control de malezas en sistemas maíz y frijol, en suelos de alto contenido de materia orgánica (27 %), se apreció la acción alelopática de los residuos de una maleza al ser ésta incorporada al suelo. En el lote experimental había un gran predominio de la maleza.

9. POLYGONUM PERSICARIA

Cuando por circunstancias experimentales una franja del campo con la maleza se incorporó en época de plena floración, se notó un gran efecto alelopático sobre la población de las malezas, incluyendo la misma especie incorporada. A los veinte días cuando se hizo la primera evaluación de los tratamientos, la franja de terreno donde se había incorporado la maleza

florecida, el control total de malezas era de un 75 %, superior a algunos de los herbicidas que se estaban investigando.

Para el recuento siguiente, el efecto de Incorporación de las maleza ya había desaparecido por completo, presentando una población normal de malezas (observación del autor, no publicada).

10. ALELOPATÍA EN EL MANEJO DE MALEZAS

Hasta ahora la gran mayoría de las investigaciones sobre los fenómenos de la alelopatía tiene solo implicaciones cualitativas, es decir, indican la producción, por parte de una especie, de una sustancia química que inhibe de alguna manera el crecimiento o desarrollo de otra especie conocida como receptor. Pero falta mucho por definir y medir en este campo. Es necesario identificar las sustancias producidas, sus cantidades, las condiciones que favorecen su producción, la forma de actuar y las rutas metabólicas involucradas tanto en el donante como en el receptor. Muy importante igualmente y quizá al aspecto que más interesa desde el punto de vista práctico, es el conocimiento de la participación de las condiciones bióticas (organismos asociados) y abióticas (suelo y clima) que bajo condiciones naturales participan en la manifestación del fenómeno alelopático (**Rice, 1984**).

El hecho de que algunas especies de malezas produzcan alelopatía contra otras ofrece una oportunidad para ayudar, aún con el uso de sustancias químicas, al manejo de la población de malezas en un área determinada, fomentando la competencia interespecífica, evitando la dominancia de algunas especies nocivas y buscando la presencia de "buenas malezas".

Se espera que la alelopatía tenga en un futuro cercano una activa participación en las prácticas agronómicas del control de malezas. La posibilidad de manipular el fenómeno en cultivos o sistemas de cultivos deberá ser un tema de cuidadosas investigaciones, principalmente en el trópico, no solo por su interés académico sino por su utilidad práctica.

Existe información valiosa sobre estudios e investigaciones propuestas para la utilización de las sustancias del metabolismo secundario de las plantas en beneficio de ellas mismas, al proteger las cosechas de los insectos, de los nematodos, de las enfermedades y de las malezas. Las sustancias

alelopáticas pueden ofrecer gran potencial en el área de la fitoprotección y ser un elemento importante en el manejo integrado de plagas.

En el área de las malezas es posible la utilización de los compuestos alelopáticos para inhibir la germinación de las semillas, reducir su crecimiento o prevenir la formación de sus propágulos.

Algunos autores han pensado en la posibilidad de incorporar en los cultivos la característica genética de producir alelopáticos para que tengan ciertas ventajas competitivas contra algunas especies de malezas. Es posible desarrollar cultivos que liberan Koalinas con actividad herbicida. Igualmente los cultivos se pueden asociar con otras especies, las que mediante la producción de alelopáticos, le ayuden al cultivo a defenderse de las malezas, sin que ellos sean perjudicados (**Rice, 1984**).

Las sustancias tóxicas generales por los residuos de algunas cosechas pueden tenerse en cuenta en los programas de rotación de cultivos como una ayuda en el manejo integrado de las malezas. Muchas de estas sustancias tóxicas pueden proteger al cultivo al reducir la población de malezas que la puedan competir.

La utilización de coberturas muertas entre las calles de un cultivo utilizando ciertas partes de otras plantas, también ofrecen posibilidades de ayuda para proteger el cultivo de determinado tipo de plagas.

Dentro de la genética de la alelopatía se ha adelantado algunos trabajos y en casos como el de la avena hay materiales con potencial para repartir el crecimiento de algunas malezas, posiblemente mediante la liberación de sustancias tales como escopoletín. Similares efectos se han indicado en trabajos con el cultivo del pepino (**Lockerman & Putnam, 1978**).

El efecto alelopático se produce no solamente durante el crecimiento del cultivo. También el desarrollo de cultivos procedentes puede afectar en un futuro la población de las malezas.

Las semillas de la maleza *Striga asiática* pueden ser inducidas y germinar en concentraciones de 10 - 15 M de estrigol. Esta sustancia es producida

mediante secreciones radiculares de algunas plantas hospedantes de la parásita. Las inyecciones de etileno han sido eficientes para promover abundante germinación de la estriga antes de que el cultivo hospedante se siembre, en esta forma se facilita la destrucción de la maleza (**Eplee, 1975**).

Un buen ejemplo del empleo de la genética para buscar resistencias al ataque de las malezas se ve con las parásitas (**Orobancha spp. & Striga spp.**). En varios cultivos hospederos de estas malezas se han encontrado diferencias genéticas relacionadas con su susceptibilidad a ellas.

En el trópico además de las posibilidades de encontrar germoplasma nativo sin protección especial, existen otras condiciones muy propicias para el estudio y aplicación de la alelopatía. Entre estas, la existencia de muchos pequeños agricultores, la práctica tradicional de una agricultura de sistemas, la presencia de especies o cultivos perennes que crecen todo el año y la menor utilización de la tecnología agrícola moderna que busca simplificar al máximo los agrosistemas.

Algunas de las estrategias propuestas para el aprovechamiento de la alelopatía en el manejo de malezas incluyen: a) desarrollar cultivos que produzcan sustancias con acción herbicida; b) buscarle “buenos socios” a la planta cultivada, para que produzcan por ella las sustancias tóxicas; c) establecer programas especiales de rotación que propicien un ambiente hostil a las malezas mediante la generación de sustancias tóxicas.

En algunas regiones de Costa Rica los agricultores han utilizado por muchos años árboles de la familia de las leguminosas como “buenos socios” para sus cultivos y recientemente se está estudiando la participación de estos árboles como fuente de nutrimentos para el cultivo. Se han hecho algunas investigaciones sobre el efecto alelopático de los extractos de hojas y tallos del ***Gliricidia sepium***, (“madero negro”) sobre algunas malezas y cultivos. Esta especie es una de las que se están estudiando como fuente nutricional para algunos cultivos asociados. Sería conveniente entonces hacer estudios más detenidos sobre el posible efecto alelopático de ***Gliricidia sepium*** sobre los cultivos con los cuales se busca asociar y sobre las malezas, insectos y patógenos más frecuentes en estos cultivos. Los estudios seguramente darán

buena información sobre el manejo adecuado del follaje de esta especie (Obando, 1987).

11. ESTUDIOS RECIENTES DE ALELOPATÍA EN ZONAS TROPICALES EN MEXICO.

La alelopatía en las zonas tropicales ha sido poco estudiada. Además, en estas zonas, el fenómeno se encuentra inmerso en una red muy compleja de relaciones ecológicas, bióticas y químicas interdependientes.

En México se ha realizado investigación en alelopatía en ecosistemas naturales y agroecosistema, tanto en zonas templadas como en tropicales (Anaya, 1994). Durante los últimos 50 años, el trópico mexicano ha sufrido un acelerado proceso de destrucción de la vegetación primaria, transformación del paisaje, cambios en el uso del suelo y la aparición y crecimiento extensivo de una variada vegetación secundaria. Si consideramos la gran biodiversidad de México, que presentará a su vez una enorme diversidad de productos naturales, debemos estar conscientes de que la desaparición de especies y ecosistemas en las zonas tropicales significa la pérdida de un tesoro. Desde este punto de vista, la alelopatía se convierte también en una parte de la exploración química y, en los últimos cinco años, éste es uno de los caminos paralelos que la alelopatía ha seguido; y con ello estos estudios han contribuido a la conservación biológica.

12. TIPOS DE CONTROL ALELOPÁTICO

El control orgánico con plantas se ha utilizado desde hace mucho tiempo y su funcionamiento se basa en repeler o atraer insectos, gusanos y agentes vectores de enfermedades. Las plantas que se usan para estos fines son las hortalizas, las hierbas aromáticas, plantas medicinales, y las mal llamadas “malezas”.

Los tipos de control que frecuentemente se usan, se hacen con plantas acompañantes, con plantas repelentes o con cultivos trampa.

✓ **Plantas Acompañantes:**

Se refiere al uso de plantas por medio de las cuales los cultivos se encuentran en combinación exitosa con otras plantas, para proporcionarse en beneficio mutuo.

✓ **Plantas Repelentes:**

Son plantas de aroma fuerte para mantener alejados los insectos de los cultivos hasta 10 metros de distancia, algunas repelen un insecto específico y otras varias plagas. Generalmente las plantas repelentes se siembran bordeando los extremos de cada surco del cultivo o alrededor del cultivo para ejercer una barrera protectora.

13. METODOS PARA UTILIZAR PLANTAS ALELO PÁTICAS PARA LA PREVENCIÓN O MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS

Las plantas con propiedad alelopática se pueden utilizar de varias maneras:

- ✓ Como barrera protectora cultivándolas en forma intercalada, asociada o bordeando los extremos de cada surco del cultivo principal, o alrededor de éste.
- ✓ Mediante fermentación acuosa preparándolas en forma.
- ✓ Mediante infusión las hojas, semillas, flores y tallos tiernos, dependiendo de la especie se pueden colocar en un recipiente con agua caliente y se tapa para evitar pérdida de los principios activos aromáticos. Se deja en reposo hasta que se enfríe, para luego utilizar el líquido. Este método se usa cuando los metabolitos secundarios son muy volátiles o se desprenden fácilmente con el calor. Con este método se obtienen metabolitos secundarios en bajas concentraciones.
- ✓ Maceración mediante este método los vegetales ricos en mucílagos se maceran y se colocan en agua a temperatura ambiente durante varias horas: 8 a 12 horas.
- ✓ Hidrolato se introduce hierbas frescas o secas, en un recipiente resistente al fuego, al cual se la añade agua, generalmente en proporción de tres litros por kilo de hierbas. Se pone al fuego y se deja hervir hasta que el agua cambie a colores más oscuros. Se deja enfriar y se aplica diluido con más aguas.

- ✓ Purin para extraer los metabolitos secundarios de los tallos de las plantas, en un recipiente lleno de agua pura, se colocan los tallos y su tapa. La mezcla se remueve diariamente hasta que la mezcla no haga más espuma. Se cuela y diluye, para utilizarlo solamente en la zona de las raíces.
- ✓ Purin hidrolatado consiste en poner en remojo las hierbas durante 24 horas y luego cocinarlas por 20 minutos a fuego lento, enfriar, colar y utilizar. Dado que este método por su forma de manejo conlleva dos procesos, suele ser usado cuando se trabajan principios activos contenidos en plantas muy leñosas o troncos fuertes. La concentración de sustancias por este método es mejor que la del purin, pero es más baja que la que se obtiene a partir del hidrolato.
- ✓ Hidrodestilación o arrastre con vapor es el sistema más adecuado para extraer o atrapar y concentrar sustancias volátiles y no volátiles contenidas en flores, hojas, tallos o raíces de muchas plantas aromáticas, responsables de la acción alelopática.

Este sistema requiere de destiladores, mediante los cuales se puede obtener: extracto acuoso, hidrolato y sustancias aromáticas que pueden ser usadas para control de insectos plagas y enfermedades en los cultivos.



CAPITULO IV



1. RESUMEN

Las plantas poseen como característica general en ser sedentarias, desarrollándose en el mismo lugar donde ocurre la germinación. Este hecho limita a las plantas del escape, el principal mecanismo de defensa en la naturaleza; sin embargo, estas limitaciones han sido en parte compensadas con otros mecanismos de defensa, como lo es la comunicación con su entorno, el cual permite detectar agentes que puedan ser perjudiciales. Dentro de los sistemas de comunicación, aquella medida por agentes químicos en la que más ha sido estudiada, y en especial aquella que tiene lugar entre diferentes especies, donde la participación de los agentes químicos es el responsable de controlar tal comunicación. Este fenómeno es conocido como la alelopatía y estos agentes causantes de la comunicación son denominados aleloquímicos. Las plantas suelen liberar diversos compuestos químicos que funcionan, respecto de otros organismos (plantas o animales), como atractivo o repelentes, estimuladores o inhibidores. Para la agricultura es muy importante el estudio de estas interacciones “invisibles” entre unos y otros vegetales.

En las comunidades de organismos, muchas especies aparecen regulando mutuamente mediante producción y liberación de compuestos químicos que actúan como atractores, repelentes, estimulando o inhibiendo. Estos fenómenos han sido agrupados bajo el amplio aspecto que cubre la Química Ecológica.

La Alelopatía representa el área de la Química Ecológica que estudia las interacciones entre plantas. En este trabajo se lleva a cabo una revisión de los conceptos introducidos para definir el fenómeno alelopático, las diferentes estrategias o metodologías para estudiar en condiciones de laboratorio la operatividad de este fenómeno con una evidencia de la existencia del fenómeno, así con la aplicación de las estrategias de estudio en la búsqueda de moléculas novedosas para el desarrollo de herbicidas.

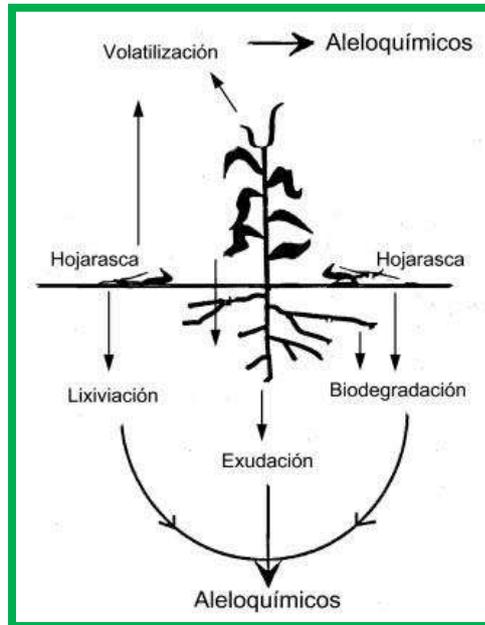
2. CONCLUSIONES:

- ✓ Desde el punto de vista del potencial aleloquímico de las especies mencionadas: *Metopium brownei*, *Malmea depressa*, *Stauranthus perforaius* y *Esenbeckia yaxhoob*, y con especial referencia a la alelopatía, es muy importante tomar en consideración lo siguiente; estas plantas poseen metabolitos bioactivos que pueden ser lixiviados al ambiente por la lluvia, la volatilización, la secreción de las raíces y la descomposición de la materia orgánica. Sinn embargo, como afirma **Cheng 1992**.
- ✓ Gracias a las plantas alelopáticas en las Industrias disminuyen el costo de producción ya que se independizan de utilizar los cultivadores de las casas productoras de abonos y pesticidas químicos; contribuyendo con esto a una mejora de la estructura del suelo y esto nos dará mejor calidad en el producto.

Da fuerza a la agricultura autosostenible (Aquella que puede perdurar por tiempo indefinido en beneficio de la humanidad, sin deteriorar el medio ambiente).

- ✓ Algunas plantas alelopáticas segregan unas sustancias tóxicas que no permiten ser cultivadas en asociación, un ejemplo de esta es el ajeno cuyas raíces son tóxicos, sin embargo estas mismas sustancias controlan pulgas y babosas cuando se utilizan en forma de té, también aleja los escarabajos y gorgojos de los granos almacenados.

3. ANEXOS

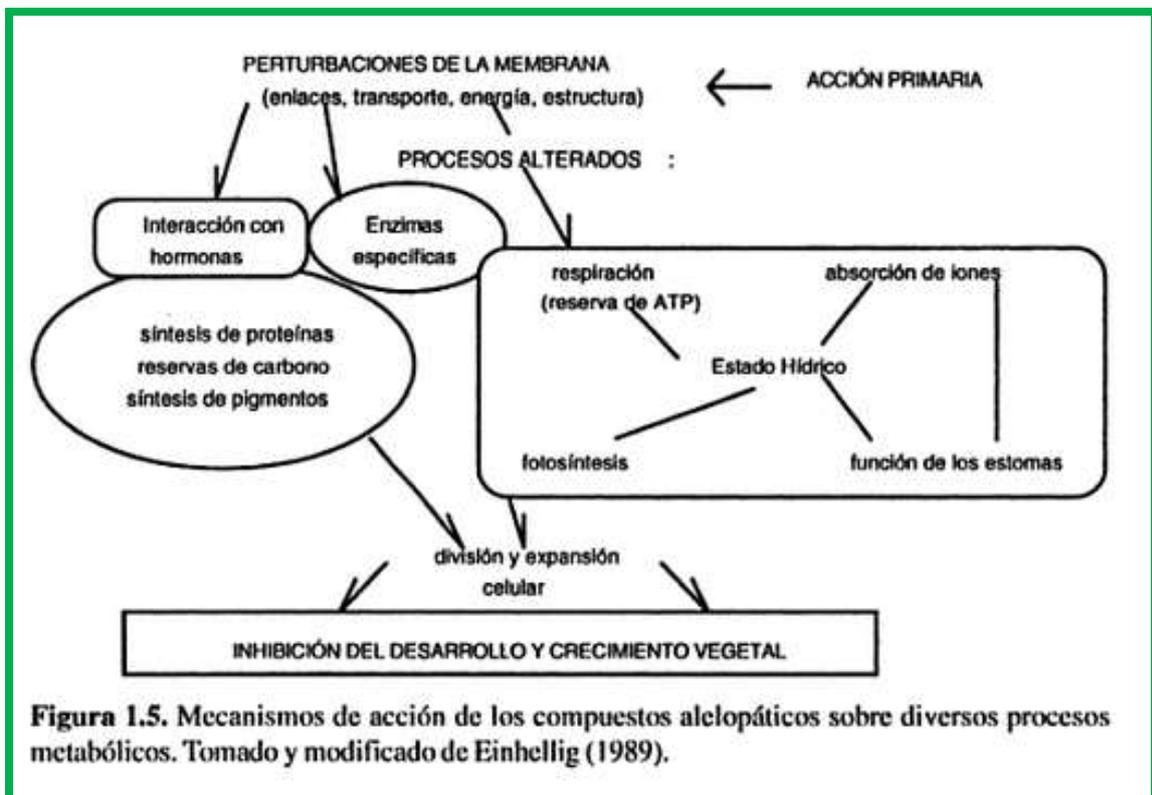
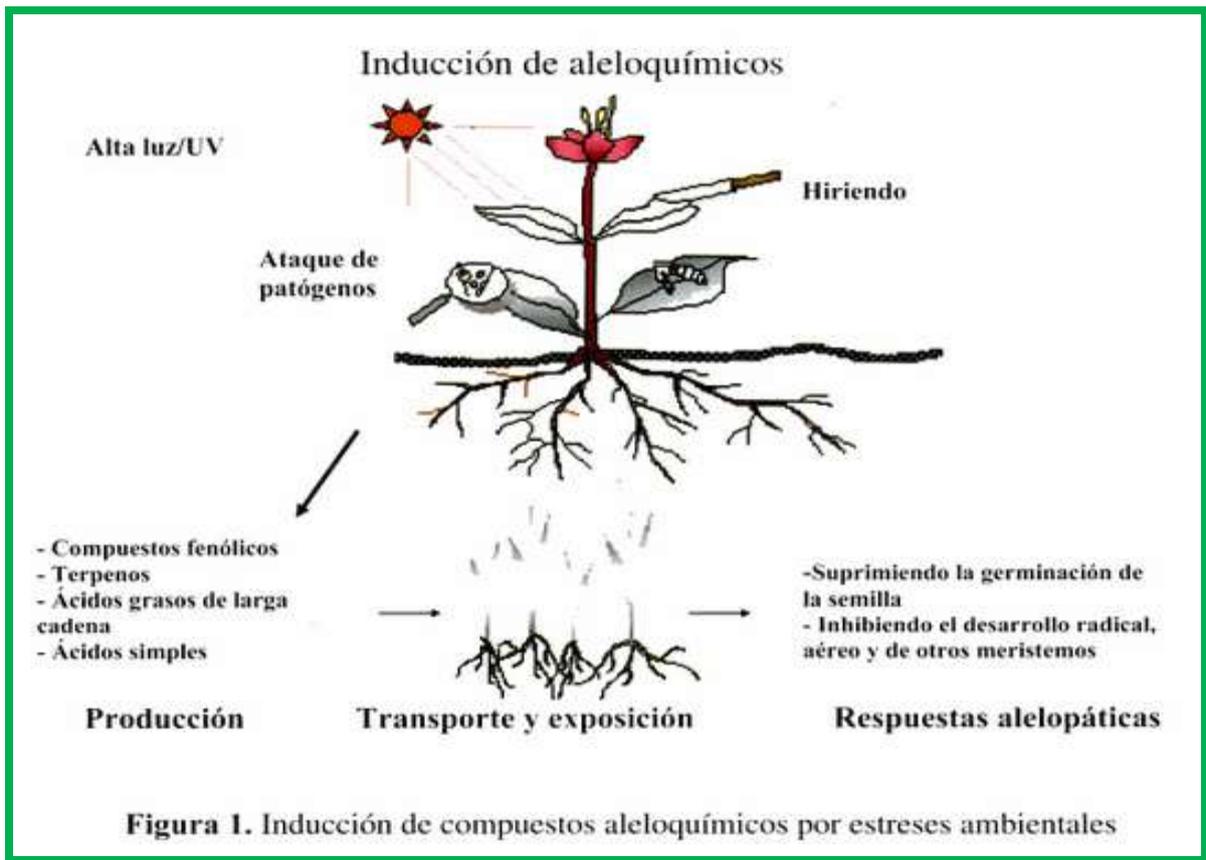


Alelopatía Positiva:



Alelopatía Negativa:

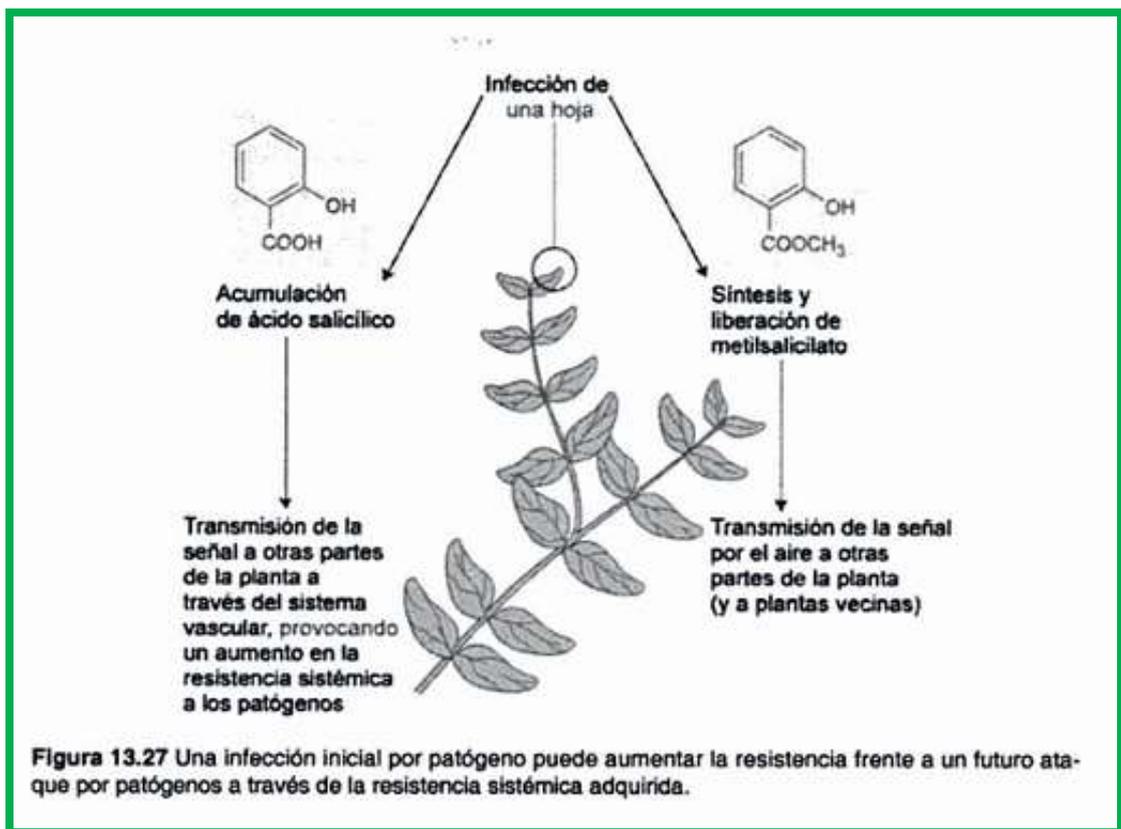


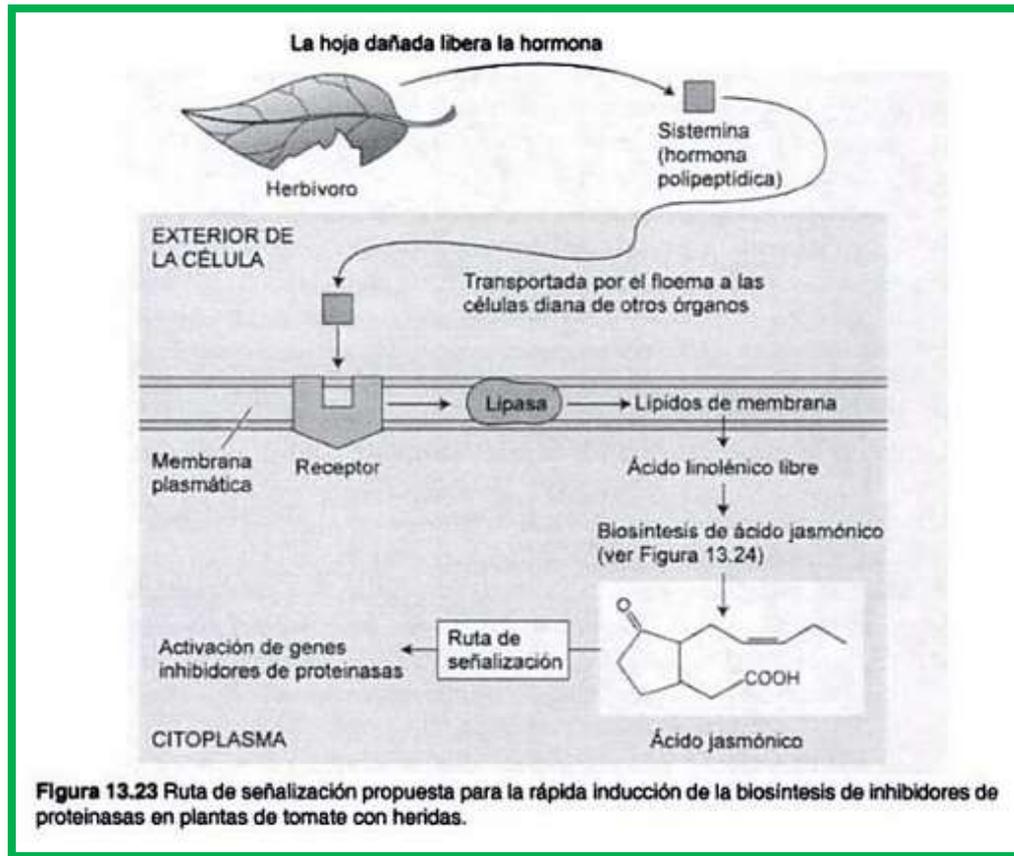


La alelopatía como factor ecológico

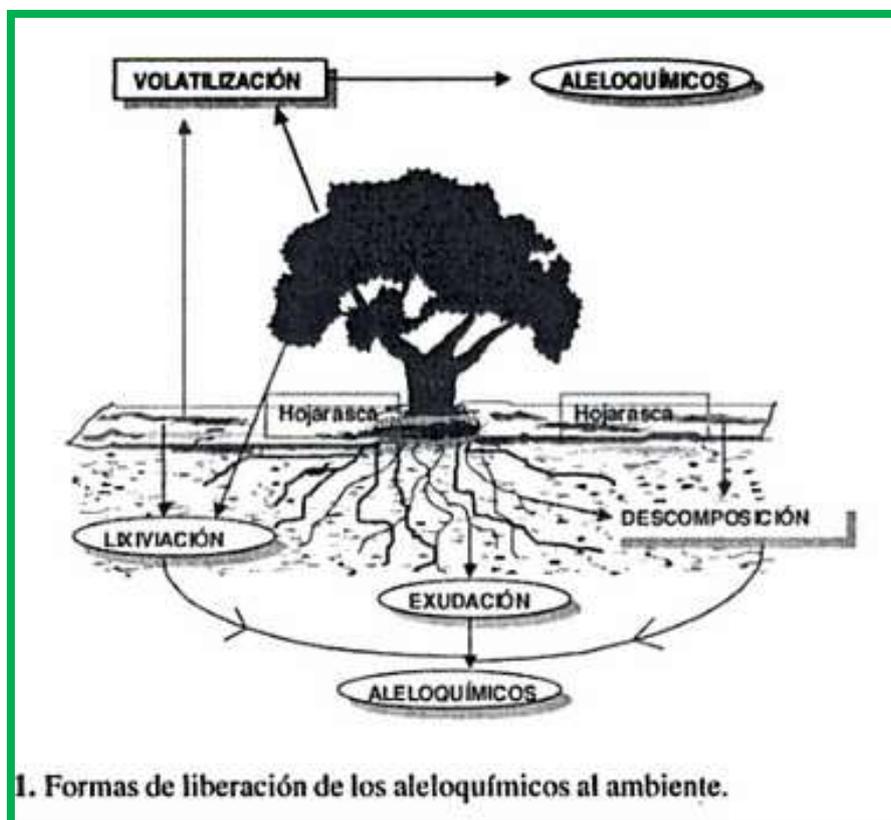


Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción





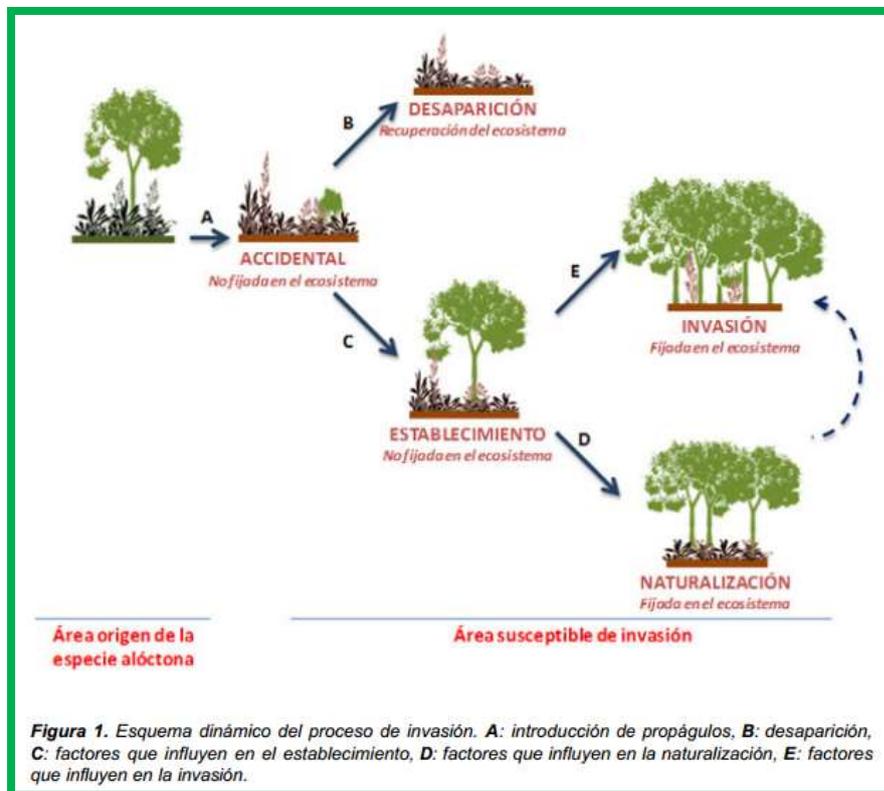
Modos de liberación de los Agentes Alelopáticos



Efectos alelopáticos que pueden ocasionar algunas plantas sobre los insectos y microorganismos



Efectos alelopáticos que pueden ocasionar unas plantas sobre otras de diferente especie.



Plantas para control alelopática

<p>Ortiga (<i>Urtica urens</i> L.). Mejora la calidad aromática de las plantas y las ayuda a resistir las pudriciones y controla pulgones; buen material para compostar.</p> 	<p>Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.). Promueve el crecimiento de la mayoría de plantas y atrae insectos benéficos.</p> 	<p>Salvia (<i>Salvia officinalis</i> L.). Acompaña bien el repollo y lo protege de mariposa, usado como té; también fomenta el crecimiento del romero y zanahoria, pero antipática del pepino.</p> 
--	---	--

Plantas Aromáticas y Medicinales para control Alelopático.

<p>Ajo (<i>Allium sativum</i> L.). Mejora el rendimiento de las plantas alrededor, si bien es antagonista del frijol y la arveja.</p> 	<p>Orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.). Mejora el sabor de las hortalizas; sus propiedades son similares a las de la mejorana.</p> 	<p>Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>). Estimula el crecimiento de la salvia, acompaña el repollo, zanahoria, frijol y repele plagas en estos cultivos.</p> 	<p>Valeriana (<i>Valeriana officinalis</i> L.). Mejora el desarrollo de la mayoría de plantas, haciéndolas más resistentes a ataques de hongos y les aporta fósforo.</p> 
--	---	---	--

Plantas Hortalizas para control Alelopático

<p>Perejil (<i>Petroselinum sativum</i>). Atrae abejas; acompaña bien tomates y rosas, mejorando su crecimiento y aspecto.</p> 	<p>Rábano (<i>Raphanus raphanistrum</i> L.). Acompañante de zanahoria, arveja, lechuga, frijol y papa.</p> 	<p>Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.). Al acompañar rábanos rojos, lechuga, arveja y cebolla, induce un mejor desarrollo en éstos.</p> 
--	--	--

Factores que afectan la persistencia de las arvenses en los campos cultivados

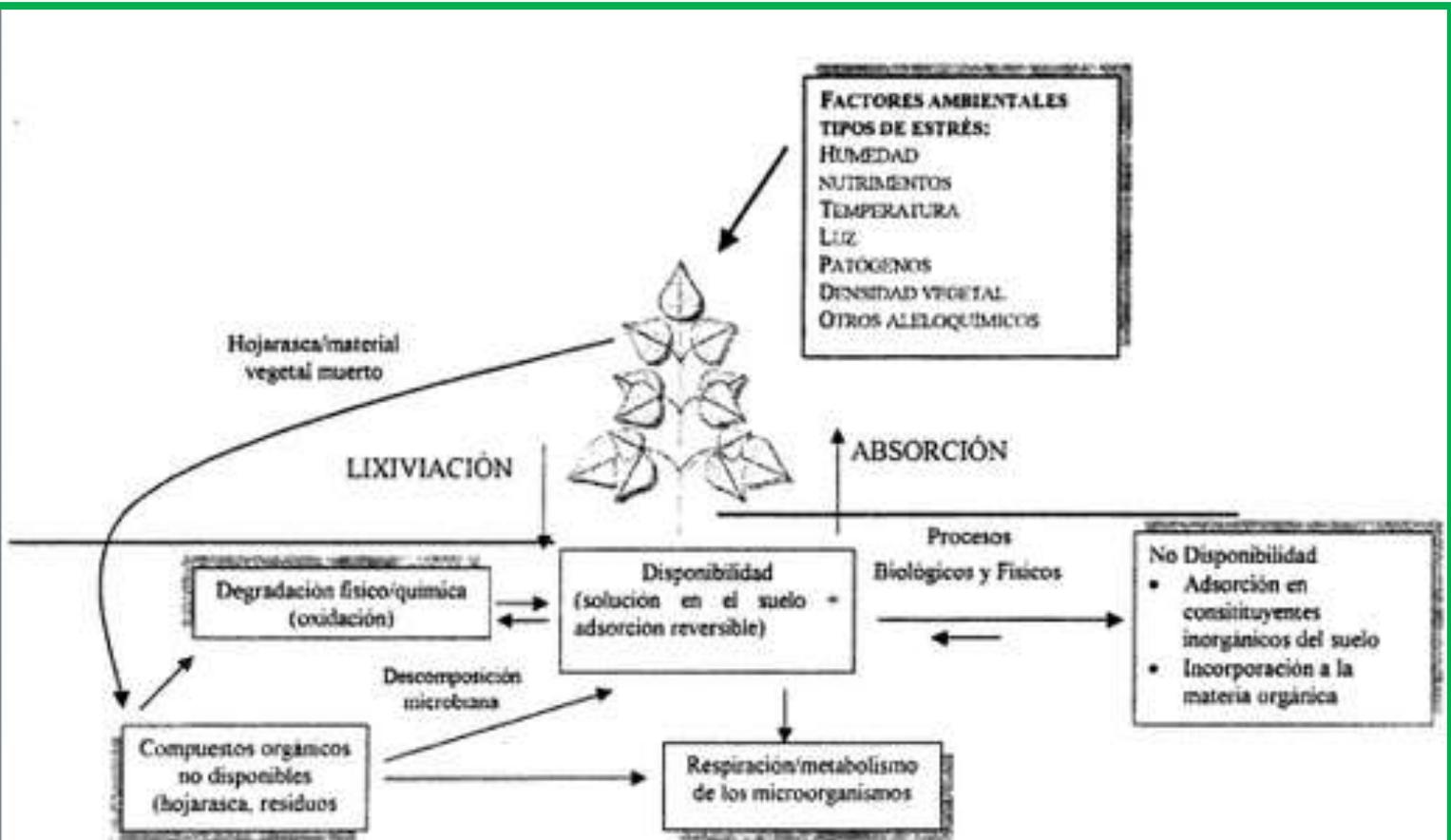


Figura 2.1. Factores ambientales bióticos y abióticos que influyen sobre la respuesta de las plantas a los aleloquímicos. Figura tomada de Weidenhamer (1996).