

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
División de Agronomía  
Departamento de Botánica



Uso de productos botánicos para el control de plagas  
agrícolas

Por

Abel Salas Partida

**Monografía**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

*INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA*

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO**

**División de Agronomía  
Departamento de Botánica**

**MONOGRAFÍA**

Por

**Abel Salas Partida**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador  
como requisito parcial para obtener el título de**

**Ingeniero en Agrobiología**

Aprobada



Dr. José Francisco Rodríguez Martínez  
Presidente



Biol. Silvia Pérez Cuellar  
1<sup>er</sup> Sinodal



Dr. Alberto Flores Olivas  
2<sup>do</sup> Sinodal



Biol. Sergio Antonio Pérez Mata  
Sinodal Suplente



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo  
Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación  
Visión de Agronomía



## **Dedicatoria**

Dedicada a la clase trabajadora del pueblo de México que hace posible que exista la educación pública y universidades como la UAAAN, que por su carácter social en un sistema capitalista están en riesgo de extinguirse.

## **Agradecimientos**

A mis compañeros y amigos del Frente Estudiantil Democrático (FED), que con ellos, utilizando la valiosa herramienta de la crítica y la autocrítica he definido conscientemente el rumbo de mi vida.

A mis padres por su comprensión y apoyo moral a lo largo de mi vida.

A la familia Del Bosque Villarreal por su amistad y apoyo brindados.

"No se saca nada de nada, lo bueno viene de lo antiguo, pero no por esto es menos nuevo."

Bertolt Brecht.

## Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 La lucha contra las plagas .....	4
2.2 Agricultura nativa y campesina, etnobotánica y control de plagas. ....	7
2.3 Los productos botánicos en el control de plagas.....	12
2.4 El uso de Extractos vegetales en la agricultura orgánica. ....	14
2.5 Tipos de efectos que ejercen los plaguicidas botánicos .....	15
2.6 Principales familias botánicas utilizadas en el control de plagas.....	20
2.7 Familias y géneros utilizados tradicionalmente. ....	28
2.7.1 Meliaceae .....	28
2.7.1.1 Azadirachta indica .....	28
2.7.1.2 Melia azedarach .....	30
2.7.1.3 Generos: Swietenia, Cedrella, Trichilia y Guarea. ....	32
2.7.2 Rutaceae .....	33
2.8 Principales moléculas de origen vegetal con propiedades insecticidas .....	34
2.8.1 Terpenoides.....	35
2.8.1.1 Piretrinas de origen vegetal .....	36
2.8.1.2 Aceites Vegetales .....	37
2.8.1.3 Los Fitoecdisteroides.....	39
2.8.1.4 Limonoides .....	42
2.8.2 Alcaloides .....	43
2.8.2.1 Nicotina.....	43
2.8.2.2 Compuestos azufrados.....	45
2.8.3 Policetometilenos .....	53
2.8.4 Metabolitos de biogénesis mixta .....	53
2.9 Productos comerciales existentes en el mercado.....	53
3. CONCLUSIONES.....	55
4. LITERATURA CITADA.....	57
5. APÉNDICES .....	72
Apéndice 1. ....	73
Extractos botánicos para el control de plagas.....	73

Apéndice 2.....	76
Métodos de preparación de extractos botánicos para el control de plagas. ....	76

## **Índice de tablas**

Tabla 1: Modos de acción de los metabolitos secundarios sobre insectos .....	16
Tabla 2: Principales familias botánicas utilizadas en el control de plagas.....	21
Tabla 3: Principales limonoides presentes en el árbol del Nim: estructura química y grupos .....	29
Tabla 4: Nombres y fórmulas de los compuestos azufrados más comunes.....	46
Tabla 5: Productos comerciales existentes en el mercado.....	53

## Índice de Figuras

Figura 1: Estructura molecular del Meliartenin .....	31
Figura 2: Estructura del Isopreno: $[CH_2=C(CH_3)CH=CH_2]$ .....	35
Figura 3: Estructura química general de las piretrinas .....	36
Figura 4: Estructura química de la nicotina y sus análogos .....	44
Figura 5: Mecanismos de producción de sustancias volátiles azufradas en las Crucíferas y en los Allium .....	48

## 1. INTRODUCCIÓN

En la producción agrícola un aspecto de primordial importancia es el control de las plagas. En la actualidad se manejan una amplia gama de estrategias enfocadas a este propósito y en torno a ello existe también una discusión sobre el tipo de método que proporciona las mejores ventajas tanto económicas como ecológicas o de protección al ambiente. En este contexto se han generado nuevas formas de combate de los fitopatógenos, a la vez que se cuenta con mayor información sobre cómo y cuándo combatir determinada plaga.

Por otro lado los evidentes efectos negativos al medio ambiente por las técnicas de producción heredadas de la revolución verde, la disminución de la productividad en las áreas de cultivo y la creciente demanda de la sociedad actual de alimentos cada vez más seguros, con menor cantidad de residuos químicos trae como consecuencia la búsqueda de métodos alternativos de control, que minimicen sustancialmente la contaminación y que cumplan con estas nuevas exigencias de la sociedad. El avance sustancial en diversas áreas de la ciencia que tienen relación con la producción agrícola ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías en este campo. Podemos mencionar por ejemplo el uso de variedades resistentes, productos elaborados a base de hongos, el control biológico y, entre ellas, la que se retoma como objeto de estudio en este trabajo: *El uso de productos botánicos*.

En el reino vegetal podemos encontrar una amplia gama de plantas que producen sustancias capaces de presentar actividad fitosanitaria en ámbitos muy diversificados, en donde se incluyen sus efectos sobre los insectos, hongos, bacterias, nematodos, virus e incluso las relaciones alelopáticas de las plantas cultivadas y otras plantas presentes en los agroecosistemas.

La producción de estas sustancias también conocidas como *metabolitos secundarios*, ha sido resultado de un largo proceso de coevolución

principalmente con los insectos. Las plantas han ido adaptándose a presiones del ambiente desarrollando diversos mecanismos de atracción y repulsión de insectos (atraen insectos benéficos o repelen insectos fitófagos). A la par, los insectos también han desarrollado estrategias para evadir los mecanismos de defensa de las plantas, creándose así un equilibrio dinámico entre plantas e insectos (Harbone, 1988; Vivanco *et al.*, 2005).

Como consecuencia de esta coevolución entre plantas e insectos ha aparecido una amplia variedad de mecanismos de defensa; de manera general se agrupan en dos tipos: Físicos y Químicos. En este trabajo se detallan los mecanismos de defensa químicos. Las sustancias de tipo químico pueden ser de efecto directo en forma de soluciones tóxicas, disuasorias, repelentes y reductoras de la digestibilidad (Cornell y Hawkins, 2003; citado por Caballero, 2004) o de efecto indirecto mediante sustancias volátiles que atraen a los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) de las plagas que atacan a las plantas cultivadas (Turlings *et al* 1995).

Los metabolitos secundarios reciben ese nombre precisamente porque no están implicados directamente en el metabolismo primario o de crecimiento y desarrollo de la planta, tienen una función ecológica importante como defensas químicas contra microorganismos, insectos, otros herbívoros e incluso contra otras plantas (Berenbaum y Rosenthal, 1992). La importancia de los metabolitos secundarios en las interacciones planta-insecto es bien conocida, pudiendo actuar de forma constitutiva o inducible como atrayentes, repelentes, estimulantes o inhibidores de la alimentación o de la oviposición, como sustancias tóxicas y como reguladores del desarrollo (Jacobson, 1989; Ascher, 1993).

Esta situación nos muestra un amplio y prometedor panorama del papel que puede jugar la flora en cuanto a acciones fitosanitarias respetuosas del ambiente y la salud humana. En consecuencia el presente trabajo pretende

mostrar la importancia, efectividad, beneficios y potencialidades que para el agro puede significar la utilización de estas moléculas producidas por el reino vegetal, con miras a la implementación de modelos más racionales para el control de plagas agrícolas utilizando sistemas de protección natural, o como modelos para el desarrollo de productos sintéticos que contengan estas ventajas.

**Palabras clave:** Productos botánicos, control de plagas, extractos botánicos, agricultura tradicional.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 La lucha contra las plagas

En su sentido más amplio, una plaga se define como cualquier ser vivo que el hombre considera perjudicial a su persona, a su propiedad o al ambiente. De modo que existen plagas de interés médico porque son vectores de enfermedades humanas (zancudos, chirimachas y otros parásitos); plagas de interés veterinario (piojos y garrapatas del ganado); plagas caseras (cucarachas y moscas); plagas de productos almacenados (diversos insectos y roedores); y las plagas agrícolas que dañan los cultivos (Cisneros, 1995).

En lo que respecta a plaga agrícola, ésta se define como cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (FAO, 1990; revisado FAO, 1995; CIPF, 1997).

El combate de las plagas agrícolas es tan antiguo como el origen de la agricultura misma. Con la domesticación de las plantas y el monocultivo, o sea la modificación del paisaje natural para crear parcelas agrícolas, aparece una serie de desequilibrios ecológicos, incluyendo organismos principalmente insectos que parasitan o se alimentan de éstos cultivos de interés para el hombre.

Desde hace tres mil años los griegos, los romanos y los chinos ya conocían y usaban ciertos plaguicidas inorgánicos que, a mediados del siglo XIX dieron paso a la utilización del Verde París y el caldo Bordeles (National Academy of Sciences, 1969). Pero el origen de la agricultura se localiza miles de años atrás; por lo que es de suponerse que los problemas ocasionados por plagas agrícolas se resolvían con otras técnicas o métodos como fue el uso de productos de origen natural y mineral, como lo mencionan antiguos documentos egipcios. Sobre el año 1550 a.C. se escribió la farmacopea egipcia: *Papiro Ebers*, donde ya se mencionan unas setecientas sustancias utilizadas en

distintas recetas médicas. En cuanto al sistema médico oriental, es el pueblo chino quien ha cultivado un mayor número de plantas desde la antigüedad, siendo el *Peu-Tsao* la obra recapitulativa al respecto más antigua que se conoce, ya que data del 2800 a.C. Sin embargo, la obra más famosa de este género es *De Materia Médica*, compuesta a mediados del siglo I por Diascórides y en la que se describen alrededor de 600 plantas medicinales clasificándolas según su acción fisiológica. Esto es de interés porque comprueba la atención que se le daba a las plantas como recurso natural con propiedades que ejercen influencia fisiológica en los seres vivos.

El azufre se conocía como preventivo de diferentes enfermedades y se empleaba para combatir los insectos antes del año 1000 a.c. Su uso como fumigante fue mencionado por Homero, pero no fue hasta el siglo XVII que apareció el primer insecticida natural; la nicotina, obtenida de extractos de la hoja de tabaco, que se usaba para controlar el picudo del ciruelo (*Conotrachelus nenufar*) y la chinche de encaje *Corythucha spp.* (Cremlym, 1995).

Hacia 1850 se introdujeron dos importantes insecticidas naturales: La rotenona obtenida de las raíces de la planta *Derris elliptica* y las piretrinas procedentes de las cabezuelas de las flores de una especie de crisantemo. Entrado ya el siglo XIX, se empiezan a usar otros materiales de tipo inorgánico para combatir algunas plagas insectiles, un ejemplo de lo anterior es la introducción en 1967 del arsenito de cobre impuro o verde parís en Colorado para el control de la catarinita de la papa (Cremlym, 1995).

La década de 1930 marca el verdadero comienzo de la era moderna del combate a las plagas con la introducción de los pesticidas orgánicos sintéticos dentro de los que podemos encontrar fungicidas, insecticidas y herbicidas. Mención aparte merece el Diclorodifeniltricloreto (DDT) descubierto por el Dr. Paul Müller en 1939, que se convirtió en el insecticida de mayor uso a nivel

mundial, y del cual hoy en día se observan sus efectos negativos en la ecósfera. Después en la década de los setentas y más aún en el periodo de la revolución verde, se intensificó el uso de los plaguicidas sintéticos estimulando el aumento significativo de la productividad a corto plazo pero sin considerar sus efectos a largo plazo. En la actualidad se está regresando de nuevo al uso de los productos naturales como materia prima para obtener sustancias utilizables para la lucha contra las plagas como en otro momento histórico se venía haciendo, con la gran ventaja de los avances y descubrimientos de la ciencia.

La principal razón por la que se plantea el uso de nuevos métodos e insumos para el control de las plagas, es el deterioro de las unidades de producción por el uso excesivo de los productos sintéticos, que trajo consigo elevados costos de producción para mantener el mismo o menor rendimiento de los cultivos comerciales (Cumbre de Rio, 1992; Cumbre de Johannesburgo, 2002). Aunado a ello existe una creciente conscientización por la problemática ambiental que repercute en la búsqueda de nuevas alternativas en este ámbito; el creciente uso de los extractos de plantas o productos botánicos es reflejo de este enfoque del control de plagas.

## **2.2 Agricultura nativa y campesina, etnobotánica y control de plagas.**

La tecnología es una manifestación del conocimiento del hombre acerca de las características de la naturaleza a través de la interacción directa con esta, en la búsqueda de satisfacer necesidades que se le han presentado conforme se ha desarrollado a lo largo de la historia. Así, ha generado métodos, procedimientos, herramientas, técnicas y equipos para su aprovechamiento de los recursos naturales, que en sus orígenes tuvieron fundamentos más sociales, colectivos y de mayor preservación ambiental, por la razón fundamental de tener mayor dependencia de los ciclos biológicos naturales.

En la actualidad, la generación de nuevas tecnologías utilizadas en agricultura, están enfocadas a aumentar la producción, con casi nula preocupación por el ambiente o por lo que el bien de consumo producido representa socialmente, reproduciendo la ideología del orden social dominante, en donde el crecimiento económico y la acumulación de la riqueza son el motor principal. Así, en la sociedad occidental la tecnología se convierte en una mercancía más que se vende y se compra para intensificar la explotación de los recursos, para obtener el

“mayor beneficio económico” al “menor” costo, sin importar el deterioro que con ello provoque bajo esta lógica de producción.

Por otro lado tenemos la llamada agricultura tradicional, que a nivel mundial, el empleo de esta tecnología representa el 60% de la tierra cultivada (Ruthenberg, 1971; citado por Altieri, 1999). La agricultura tradicional se ha beneficiado gracias a siglos de evolución cultural y biológica, que los pequeños agricultores han creado y/o heredado. Se trata de sistemas complejos que les han ayudado a satisfacer sus necesidades básicas para subsistir, adaptándose a las condiciones naturales en las que habitan; las cuales, muchas veces son adversas (suelos marginales, tierras bajas fácilmente inundables, escasos

recursos, etc.). Por lo general, éstos sistemas agrícolas consisten en una combinación de actividades de producción y consumo que no dependen de la mecanización, de fertilizantes o insecticidas químicos. Los insumos, por lo general, se originan en la región inmediata y el trabajo agrícola lo realizan seres humanos o se emplea tracción animal que se abastece de energía de fuentes locales (Wilken, 1977).

Las tecnologías tradicionales como instrumento de la agricultura indígena y campesina, en el marco de procesos sociales y culturales, son muy diferentes a las tecnologías modernas de producción agrícola, si se analiza en dos planos. Por un lado tenemos que quedan como aportación las culturas ancestrales que desarrollaron la agricultura, y por el otro, constituyen la base de las tradiciones agrícolas de diversas etnias y grupos campesinos alrededor del mundo (Leyva, 1994).

De esta manera, los rasgos y características de la agricultura campesina e indígena, referidos por Hernández Xolocotzi, en términos de economía y tecnologías tradicionales se enumeran en los términos siguientes:

1. Prolongada experiencia empírica, adquirida de generación en generación, a lo largo de la historia de la agricultura y de las propias culturas campesinas.
2. Conocimiento del medio físico y biótico, obtenido en el contacto directo cotidiano de las actividades agrícolas y demás actividades de relación, apropiación y transformación de la naturaleza.
3. Transmisión de conocimientos y de las habilidades requeridas para la vida, por la tradición oral y la práctica productiva.
4. Acervo cultural de la población indígena y campesina, aprendido y acumulado históricamente en su interrelación productiva y social,

observación y aprovechamiento del medio natural.

Lo anterior hizo posible el surgimiento de la etnobotánica que se encarga de estudiar las taxonomías populares que se tienen de las plantas más comunmente utilizadas. Países con una amplia diversidad biológica, y por lo consiguiente una variada y abundante flora, poseen también una riqueza cultural característica. Esta relación no es mera coincidencia, es el resultado de un desarrollo coevolutivo dialectico entre el hombre y la naturaleza. Al rededor del mundo hay muchos casos de esta relación; por ejemplo, en México, el conocimiento etnobotánico de ciertos campesinos es tan elaborado, que los Tzeltals, Purepechas y los Mayas de Yucatán pueden reconocer más de 1.200, 900 y 500 especies de plantas, respectivamente (Toledo *et al.*, 1985). De igual modo, las !ko bosquimanas en Botswana podrían reconocer 206 de las 266 plantas recogidas por los investigadores (Chambers, 1983), y los cultivadores migratorios Hanunoo en Las Filipinas pueden distinguir más de 1.600 especies de plantas (Conklin, 1979).

Los policultivos y los patrones de agroforestación no se crean al azar, sino que se basan en un entendimiento profundo de las interacciones agrícolas guiadas por complejos sistemas etnobotánicos de clasificación. Dichos sistemas de clasificación han permitido a los campesinos asignar a cada paisaje una práctica de producción determinada, obteniendo así una diversidad de productos provenientes de las plantas mediante una estrategia de uso múltiple (Toledo *et al.* 1985).

El lo que se refiere al control de plagas, los agricultores tradicionales cuentan con una variedad de prácticas de control para enfrentar los problemas de plagas de insectos agrícolas. Se pueden distinguir dos estrategias principales: La primera consiste en la utilización de métodos directos sin productos químicos

para el control de las plagas (es decir, prácticas culturales, mecánicas, físicas y biológicas. La segunda radica en la confianza en los mecanismos de control de plagas, inherentes a la diversidad biótica y estructural de los sistemas agrícolas complejos comúnmente usados por los agricultores tradicionales (Brown y Marten, 1986).

El uso de sustancias repelentes y/o atrayentes, entra en el marco de la manipulación de los componentes del agroecosistema. Durante muchos siglos, los agricultores han estado experimentando con varios materiales naturales encontrados en su ambiente cercano (especialmente en las plantas) y un número importante de estos materiales tienen propiedades plaguicidas. El uso de plantas o parte de ellas, ya sea que se ubiquen en el campo o aplicadas como mezcla de hierbas, para inhibir las plagas es un método muy usado. Litsinger *et al* (1980) consultaron a los pequeños agricultores en Filipinas acerca de los materiales que se utilizan en los campos para atraer o repeler insectos. En Alboburo, Ecuador, los pequeños agricultores dejan hojas de ricino en los campos de maíz recientemente sembrados con el fin de reducir las poblaciones de un escarabajo nocturno (Tenebrionidae). Dichos escarabajos prefieren las hojas del ricino que las del maíz, y cuando dichos insectos están en contacto con las hojas del ricino durante doce horas o más, presentan parálisis. En el campo, la parálisis impide que los escarabajos se oculten en el suelo, lo que aumenta su mortalidad por estar directamente expuestos al sol (Evans 1988). En el sur de Chile, los campesinos colocan ramas del *Cestrum parqui* en los campos de papas para repeler los escarabajos *Epicauta pilme* (Altieri 1993a). Muchas veces, una planta se cultiva cuidadosamente cerca de las casas y su única función, aparentemente, es proporcionar la materia prima para preparar una mezcla plaguicida. En Tanzania, los agricultores cultivan *Tephrosin spp.* en los bordes de los campos de maíz. Las hojas se trituran y el líquido resultante se utiliza para controlar las plagas del maíz. En Tlaxcala, México, los agricultores «fomentan» la existencia de plantas voluntarias de

*Lupinus sp.* en sus campos de maíz, porque dichas plantas actúan como cultivos trampas para el *Macroductylus sp* (Altieri 1993a).

La fortaleza del conocimiento de la gente del campo es que está basado no solamente en una observación aguda, sino que también en un aprendizaje experimental. El método experimental se hace patente en la selección de variedades de semillas para los ambientes específicos, pero también está implícito en la prueba de los nuevos métodos de cultivo para sobreponerse a ciertas limitaciones biológicas o socioeconómicas. De hecho, Chambers (1983) indica que los agricultores, por lo general, logran una riqueza de observación y una agudeza de distinción que sólo podría ser asequible para los científicos occidentales a través de largas y detalladas mediciones y computación.

Al estudiar las langostas matizadas (*Zonocerus variegatus*) en el sur de Nigeria, Richards (1985) encontró que el conocimiento de los agricultores locales era equivalente al de su equipo de científicos con respecto a los hábitos de alimentación de las langostas, a su ciclo de vida, a los factores de mortalidad y al grado de daño que producen en la yuca, y respecto al comportamiento del desove y a los lugares en donde las hembras ponen sus huevos. El conocimiento local aumentó la información de los investigadores respecto de las fechas, la severidad y la extensión geográfica de algunos brotes de estas plagas; además dio a conocer que las langostas se comían y se vendían, y que tenían una importancia especial para los niños, las mujeres y para la gente pobre. Así, la última recomendación de control entregada por los científicos, que consistía en limpiar los lugares de desove de un conjunto de predios, no requirió que la mayoría de los agricultores aprendieran nuevos conceptos y, para algunos, la práctica no tuvo nada de nuevo.

De igual forma ocurre con el conocimiento profundo que se tiene de todos los usos que se le dan a las plantas en la agricultura nativa y campesina a los que recientemente la comunidad científica le está prestando especial interés.

Recuperar este tipo de conocimiento debe ser una tarea prioritaria, el reto está en la documentación y validación científica, en dejar a tras el enfoque reduccionista que prevalece en la mayoría de los investigadores occidentalizados y los prejuicios que tratan de degradar ese tipo de conocimiento.

En el desarrollo de este trabajo se tratan temas en donde se describe el uso de productos botánicos para el control de plagas agrícolas, a nivel laboratorio y en campo a nivel experimental así como estrategia de control de plagas adoptadas por una mínima cantidad de agricultores pertenecientes a la emergente corriente de la agricultura orgánica. Los resultados que se muestran, representan un análisis detallado en cuanto a los principios activos de productos de origen vegetal ya usados en la agricultura tradicional de manera empírica.

### **2.3 Los productos botánicos en el control de plagas**

En la actualidad es evidente la necesidad de adoptar nuevas estrategias para el control de plagas. Los efectos negativos en el medio ambiente y la generación de resistencia de los insectos y fitopatógenos causados por el uso excesivo de los plaguicidas sintéticos hace cada vez más elevados los costos para controlar las plagas y como consecuencia, los costos de producción e impacto ecológico.

México es uno de los países más ricos en biodiversidad a nivel mundial, en cuanto flora posee una de las más abundantes y diversas, esto representa un enorme potencial en cuanto a los usos posibles que se le pueden dar a esta preciada materia prima: las plantas.

El hombre le ha dado un amplio uso a las plantas: medicinal, alimenticio, ornamental, etc., dentro de estos variados usos se encuentra también su utilidad como plaguicidas. En su largo periodo evolutivo las plantas han desarrollado mecanismos de defensa contra insectos, hongos, bacterias y otros organismos nocivos. Entre estos mecanismos podemos encontrar fitoalexinas,

enzimas, toxinas, y otros metabolitos secundarios (Vivanco *et al.*, 2005).

En el campo del control de plagas, una estrategia ya utilizada con anterioridad pero poco extendida para la mayoría de los agricultores son los programas de manejo integrado de plagas (MIP), o manejo ecológico de plagas (MEP) que tienen sus orígenes alrededor de 1960. Estos programas tienen como objetivo o filosofía de proteger al máximo las cosechas, al menor costo y con el mínimo riesgo para el hombre, sus animales, sus agroecosistemas, los ecosistemas y la biosfera (Romero, 2004).

Existen muchos programas de MIP, estos se adaptan al tipo de finca, cultivo, etc. En la mayoría de ellos no se descarta el uso de insecticidas de síntesis, pero solo como apagafuegos. Es aquí donde los insecticidas naturales tienen un gran potencial ya que pueden ser sustitutos de los insecticidas químicos, y reducir significativamente el impacto ecológico y económico ya que presentan una serie de ventajas que a continuación se mencionan:

- Son de bajo costo
- Fácil obtención
- Fácil degradación (biodegradables)
- Son menos agresivos al medio ambiente
- Proviene de materiales renovables
- Menor efecto negativo en enemigos naturales y benéficos (Iannacone y Lamas, 2003; Iannacone *et al.*, 2007).
- No producen desequilibrio en el ecosistema

Es importante mencionar que, si bien los insecticidas obtenidos a partir de

plantas representan una excelente alternativa para el control de plagas, estos tiene un efecto minimizado si no se utilizan dentro del marco de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Al utilizar insecticidas botánicos se deben tomar ciertas precauciones y no depender únicamente de esta táctica de control.

#### **2.4 El uso de Extractos vegetales en la agricultura orgánica.**

La agricultura orgánica es un sistema productivo que propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola. En lo posible, reemplaza las fuentes externas tales como sustancias químicas y combustibles adquiridos comercialmente por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores (Altieri, 1999).

En los predios donde se tiene establecido el sistema de agricultura orgánica, el manejo de plagas y enfermedades se realiza con agentes biológicos y practicas culturales. En países de primer mundo en donde la práctica de la agricultura orgánica esta mas difundida y desarrollada, incluso se tienen avances en cuanto al marco jurídico para regular el uso de los productos plaguicidas que se emplean. Los extractos vegetales representan una alternativa permitida para este fin.

Los extractos vegetales son productos a base de sustancias producidas por las plantas, se utilizan como método alternativo para el control de plagas agrícolas, pueden ayudar a reforzar el sistema de defensa natural de las plantas, repeler o suprimir a los organismos patógenos. Sin embargo, su buen funcionamiento depende de muchos factores y no todos ellos se pueden controlar en su totalidad. Al utilizar extractos vegetales en el control de plagas, los resultados pueden ser variables, en función del estado del cultivo, las condiciones de extracción, la calidad de la planta de la cual se extrae la sustancia, etc.

Los insecticidas botánicos más elaborados llevados a nivel comercial incluyen rotenona, piretrina, ranya, sulfato de nicotina, cebadilla, Nim, cuasia y ajeno. Se prefiere su utilización antes que a las sustancias químicas sintéticas, porque son naturales, menos tóxicos y se descomponen relativamente rápido en el medio ambiente. Sin lugar a dudas, la agricultura orgánica representa un excelente nicho para la utilización de los extractos de origen vegetal.

## **2.5 Tipos de efectos que ejercen los plaguicidas botánicos**

Los compuestos químicos que se encuentran en las plantas ejercen diversos efectos sobre los organismos plaga que las atacan, este aspecto es de suma importancia en las estrategias a seguir en el control de plagas y está intrínsecamente relacionado con los hábitos patogénicos de los organismos plaga.

A continuación se enlistan los efectos mas comunes ocasionados por la acción de los plaguicidas de origen botánico (Wink, 2000; Miyoshi, 1998; Mordue y Blackwell, 1993).

- Repelencia en larvas y adultos
- Suspensión de la alimentación
- Reducción de la movilidad del insecto
- Impedimento de la formación de quitina
- Bloqueo de la muda en estados inmaduros
- Reducción del desarrollo y crecimiento
- Toxicidad en larvas y adultos

- Interferencia de la comunicación sexual en la cópula
- Suspensión de la ovipositora
- Esterilización de adultos
- Interferencia en los mecanismos de respiración celular

El tipo de efecto que ejercen los productos botánicos en las plagas, varia de acuerdo al tipo de sustancia (compuesto químico) que contengan. En la tabla 1 se muestran los modos de acción de los metabolitos secundarios considerando la naturaleza química de éstos (Caballero, 2004).

**Tabla 1: Modos de acción de los metabolitos secundarios sobre insectos**





















Otra clasificación sobre el tipo de efecto de los productos botánicos en donde se incluye el tipo de actividad plaguicida es la propuesta por Camps y Coll (1988) donde se proponen tres grandes clases:

- 1) Compuestos vegetales miméticos o antagonistas de hormonas de insectos.

Dentro de las sustancias de este tipo de compuestos se agrupan los fitojuvenoides, antihormonas juveniles, fitoecdisteroides y antiecdisonas. Los fitojuvenoides son sustancias que inhiben la metamorfosis, con una estructura química sesquiterpénica. Dicha actividad se ha citado en Coníferas (*Abies balsamea*), Asteráceas (*Tagetes minuta*), Umbelíferas (*Imperatoria ostroruthium*) y Fabáceas (*Psoralea corylifolia*), entre otras.

Las antihormonas juveniles causan una metamorfosis precoz de los insectos, dando lugar a adultoides inviábiles. La especie *Ageratum houstonianum*, de la familia Asteráceae, comúnmente conocida como Agerato o hierba de la sarna, sintetiza precocenos naturales con esas propiedades. Los fitoecdisteroides son compuestos que inducen la muda en los insectos provocando malformaciones, esterilidad y hasta la muerte. Dentro de estas sustancias están las 20-hidroxiecdisonas producidas por las Pteridofitas (*Polypodium vulgare*), Gimnospermas y Angiospermas; la ponasterona A, la polipodina B y la ecdisona, producidas fundamentalmente por la familia Labiatae (*Ajuga sp.*).

Las antiecdisonas son aquellas que interfieren alguna de las fases del proceso de la muda en los insectos. Por ejemplo, la azadiractina, producida por la especie *Azadirachta indica* (árbol del Nim) de la familia Meliaceae; y la plumbagina y la naftoquinona, sintetizadas por el arbusto *Plumbago capensis* de la familia Plumbaginaceae.

## 2) Inhibidores de la alimentación

Coll (1988), señala que las sustancias antialimentarias se clasifican sobre la base del tipo de estructura química como: terpenos (ejs.: la azadiractina, triterpeno sintetizado por *Azadirachta indica* y *Melia azedarach*, ambos árboles de la familia Meliaceae; el sesquiterpeno sintetizado por *Wasburgia ugandensis* y *Wasburgia stuhlmanii* de la familia Canellaceae y la clerodina, diterpeno sintetizado por *Clerodendrum sp.* de la familia Verbenaceae; compuestos heterocíclicos (cumarinas, flavonoides, lignanos y taninos); compuestos aromáticos (fenoles, quinonas, ácidos fenólicos y alcaloides) y esteroides. Todas estas sustancias tienen como función evitar o interrumpir el proceso de alimentación del insecto (tras un consumo inicial) y conducen de esa manera a su muerte por inanición.

## 3) Compuestos fototóxicos

Dentro de estos compuestos están: las fototoxinas lineales, que derivan en general de precursores de ácidos grasos con enlaces conjugados dobles y triples; las fototoxinas cíclicas, que son moléculas bi y tricíclicas que pueden contener nitrógeno, oxígeno, azufre o elementos heterocíclicos, por ej. alcaloides de furoquinolina presentes en la familia Rutaceae, quinonas extendidas, furocromonas presentes también en las Rutáceas y las furocumarinas; y por último las estructuras combinadas lineales y cíclicas. Los poliinos, por ej. los acetilenos que tienen actividad viricida; el tiofeno alfatertienilo presente en la familia Asteraceae, el cual posee también una potente acción viricida.

## **2.6 Principales familias botánicas utilizadas en el control de plagas**

Según Grainge y Ahmed, (1995) se han inventariado más de dos mil especies vegetales con propiedades biocidas y con un amplio potencial para su uso como plaguicidas. Las principales familias botánicas que agrupan estas especies son: Meliaceae, Asteraceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Rutaceae, Fabaceae, Labiatae, Umbelliferae, Cruciferae, Verbenaceae, Piperaceae, Chenopodiaceae y Liliaceae (Hernández *et al.*, 1994; Villalobos, 1996). Actualmente está en aumento el número de especies que son objeto de estudios químicos y experimentos de campo enfocados en la búsqueda de actividad insecticida. En este contexto podemos mencionar a las familias: Lauraceae, Celastraceae, Aroideae, Caryophyllaceae, Moraceae, entre otras (Regnault, *et al.* 2004).

A continuación se presenta la Tabla 2, en donde se señalan las familias y las especies estudiadas de acuerdo a la bibliografía consultada para este trabajo.

**Tabla 2: Principales familias botánicas utilizadas en el control de plagas**

FAMILIA	ESPECIE	PLAGA QUE REGULA	CULTIVO	REFERENCIA
Agavaceae	<i>Agave americana</i>	<i>Sitophilus oryzae</i>	Arroz	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Yucca schidigena</i>	<i>Diaphania hyalinata</i>	Melón	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	<i>Spodoptera eridania</i>	Algodón	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Annona ssp.</i>	<i>Phyllophaga spp.</i>	Maíz, papa, pastos	HDRA (2000)
	<i>Lonchocarpus nicou</i>	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	Tomate	Iannacone y Reyes (2001)
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i>	<i>Neurobathra curcassi</i>		Avilés <i>et al.</i> (1994)
		<i>Diaphania hyalinata</i>	Cucurbitáceas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia piolosa</i>	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Pijuayo ( <i>Bactris gasipaes</i> )	Pérez y Iannacone, (2006)
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Maíz	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Chrysanthemum cinerariifolium</i>	<i>Myzus persicae</i>	Tabaco, tomate	Stein y Klingauf. (1990)
		<i>Empoasca devastans</i>	Algodón	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Tagetes erecta</i>	<i>Aphis craccivora</i>	Alfalfa	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
<i>Helianthus anus</i>	<i>Sitophilus spp.</i>	Granos almacenados	Jozivan <i>et al.</i> ,(2008)	
Bixaceae	<i>Bixa Orellana</i>	<i>Eupalamides Cyparissias</i>	Palma aceitera	Pérez y Iannacone, (2008)
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i>	<i>Callosobruchus maculatus</i>		Díaz <i>et al.</i> (1997)
Canellaceae	<i>Canella winterana</i>	<i>Andrector ruficornis</i>	Leguminosas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
Chenopodiaceae	<i>Anabasis aphylla</i>			Regnault, <i>et al.</i> (2004)
Cecropiaceae	<i>Cecropia sp</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Repollo	Jozivan <i>et al.</i> ,(2008)
Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina</i>	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Pijuayo ( <i>Bactris gasipaes</i> )	Pérez y Iannacone, (2006)
Cucurbitaceae	<i>Bryonia dioica</i>	<i>Phyllophaga spp.</i>	Maíz, papa, pastos.	Solórzano (2000)
Equisetaceae	<i>Equisetum giganteum</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate	"

FAMILIA	ESPECIE	PLAGA QUE REGULA	CULTIVO	REFERENCIA	
Euphorbiaceae	<i>Acalyphana arvensis</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Euphorbia maculata</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Jatropha curcas</i>	<i>Mocis latipes</i>		Caña	Morales, <i>et al.</i> ,(1994a)
		<i>Rhynchophorus palmarum</i>		Pijuayo ( <i>Bactris gasipaes</i> )	Pérez y Iannacone, (2006)
	<i>Manihot esculenta</i>	<i>Zabrotes subfasciatus</i>		Granos almacenados	Rodríguez y Sánchez, 1994
	<i>Phyllanthus acuminatus</i>	<i>Andrector ruficornis</i>		Solanaceas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
		<i>Diaphania hyalinata</i>		Melón	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
<i>Ricinus communis</i>	<i>Plutella xylostella</i>		Repollo	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Sitophilus oryzae</i>		Arroz	Jha y Roychoudhury, 1990	
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Euphorbia cotinifolia</i>	<i>Eupalamides Cyparissias</i>	Palma aceitera	Pérez y Iannacone, (2008)	
	<i>Antidesma pyrifolium</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Brócoli, col	Jozivan <i>et al.</i> ,(2008)	
Flacourtiaceae	<i>Ryania speciosa</i>	<i>Diaphania hyalinata</i>	Melón	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Ryania sp</i>	<i>Thrips tabaci</i>	Ajo, Cebolla	Rodríguez y Sánchez, 1994	
	<i>Ryania speciosa</i>			Regnault, <i>et al.</i> (2004)	
Gramineae	<i>Melinis minutiflora</i>	<i>Perkinsiella saccharicidia</i>	Caña	Rodríguez y Sánchez, 1994	
Labiatae	<i>Mentha piperita</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	"	
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Brócoli, col	Jozivan <i>et al.</i> ,(2008)	
Leguminoseae	<i>Aeschynomene sensitiva</i>	<i>Diaphania hyalinata</i>	Melón	"	
	<i>Calopogonium coeruleum</i>	<i>Diaphania hyalinata</i>	Melón	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
		<i>Plutella xylostella</i>	Repollo	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Cassia fistula</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)	
	<i>Derris elliptica</i>	<i>Bruchus chinensis</i>		Granos almacenados	Lagunes <i>et al.</i> (1990);
<i>Manduca sexta</i>			Tabaco, papa, tomate	Matsumura, (1975)	

FAMILIA	ESPECIE	PLAGA QUE REGULA	CULTIVO	REFERENCIA
Leguminoseae	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Diaphania hyalinata</i>	Melón	Lagunes <i>et al.</i> (1990); Matsumura, (1975)
		<i>Heliothis zea</i>	Maíz, tomate	"
		<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	"
		<i>Sitophilus seamais</i>	Maíz	Rodríguez y Sánchez, 1994
		<i>Zabrotes subfasciatus</i>	Frijol	"
	<i>Inga vera</i>	<i>Zabrotes subfasciatus</i>	Frijol	"
	<i>Leucaena esculenta</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Pachyrrhizus tuberosus</i>	<i>Brevicoryne brassicae</i>	Col	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Tamarindus indica</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Maíz	Goes <i>et al.</i> (2003)
	<i>Caesalpinia bracteosa</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Maíz	Goes <i>et al.</i> (2003)
Liliaceae	<i>Allium sativum</i>	<i>Bruchus chinensis</i>	Granos almacenados	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
	<i>Allium cepa</i>	mosca blanca	Cucurbitáceas	Stoll (2000)
	<i>Veratrum album</i>	-----	-----	Jacobson (1993)
Limniaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	Pulgones y araña roja	-----	Solórzano (2000)
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gramíneas	"
Melanthiaceae	<i>Schoenocaulon officinale</i>	-----	-----	Bloomquist, (1996)
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Aphis gossypii</i>	Cítricos	"
		<i>Bemisia tabaci</i>	Tomate	Iannacone y Reyes (2001)
		<i>Plutella xylostella</i>	Repollo	Taveras, 1994
		<i>Diaphania hyalinata</i>	-----	Taveras, 1994
		<i>Callosobruchus chinensis</i>	-----	Taveras, 1994
		<i>Heliothis virescens</i>	-----	Crespo <i>et. al.</i> , (1994)
		<i>Aphis craccivora</i>	-----	Morales <i>et. al.</i> , (1994a)
		<i>Mocis latipes</i>	-----	Morales <i>et. al.</i> , (1994a)
		<i>Liriomiza trifoli</i>	-----	Azam, 1991
<i>Spodoptera frugiperda</i>	-----	Anon, 1999		

FAMILIA	ESPECIE	PLAGA QUE REGULA	CULTIVO	REFERENCIA
		<i>Spodoptera latifacea</i>	-----	Anon, 1999
		<i>Spodoptera exigua</i>	-----	“
		<i>Heliotis virescens</i>	-----	“
		<i>Heliotis zea</i>	-----	“
		<i>Plutella xylostella</i>	-----	“
		<i>Trichoplusia ni</i>	-----	“
		<i>Urbanus proteus</i>	-----	“
		<i>Acanthoscelides obtectus</i>	-----	“
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Tribolium castaneum</i>	-----	Anon, 1999
	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Diabrotica spp.</i>	-----	
	<i>Melia azedarach</i>	<i>Diabrotica balteata</i>	Plantago o llanten	Rivera <i>et al.</i> (2004)
		<i>Cercospora plantagenis</i>	Plantago o llanten	“
		<i>Sclerotium rolfsii</i>	Plantago o llanten	“
		<i>Diaphania hyalinata</i>	-----	Morales <i>et al.</i> (1994b)
<i>Trichilia palida</i>	<i>Sitophilus seamais</i>	-----	Rodríguez y Sánchez (1994)	
Menispermaceae	<i>Ficus padifolia</i>	<i>Zabrotes subfasciatus</i>	Granos almacenados	“
Moraceae	<i>Melaleuca leucadendron</i>	<i>Acanthacris ruficornis</i>	-----	Alonso <i>et al.</i> (1996)
		<i>Wasmannia auropunctata</i>	-----	Menéndez <i>et al.</i> (1994)
Myrtaceae	<i>Argemone mexicana</i>	<i>Mocis latipes</i>	-----	Rodríguez y Sánchez, (1994)
		<i>Sitophilus seamais</i>	-----	“
		<i>Zabrotes subfasciatus</i>	-----	“
		<i>Oebalus insularis</i>	-----	Cepero, 1994
	<i>Sitophilus spp.</i>	Granos almacenados	Jozivan <i>et al.</i> ,(2008)	
	<i>Eucaliptus spp</i>	<i>Sitophilus oryzae</i>	Arroz	Lagunes <i>et al.</i> (1990)
Papaveraceae	<i>Anagyris foetida</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Maíz	“
		<i>Spodoptera littoralis</i>	Maíz	Pérez y Ocete, 1994

FAMILIA	ESPECIE	PLAGA QUE REGULA	CULTIVO	REFERENCIA
		<i>Sitophilus seamais</i>	Maíz	Rodríguez y Sánchez, (1994)
Papilionaceae	<i>Coccobba barbadensis</i>	<i>Eupalamides Cyparissias</i>	Palma aceitera	Pérez y Iannacone, (2008)
	<i>Lonchocarpus sp.</i>	<i>Insecticida generalista</i>	varios	"
Polygonaceae	<i>Persicaria acre</i>	-----	-----	Regnault et al., 2004
Rianodine	<i>Ryania speciosa</i>	<i>Sitophilus spp.</i>	Granos almacenados	Jozivan et al.,(2008)
Rutaceae	<i>Citrus vulgare</i>	<i>Sitophilus spp.</i>	Granos almacenados	Jozivan et al.,(2008)
	<i>Ruta graveolens</i>	<i>Zabrotes subfasciatus</i>	-----	Rodríguez y Sánchez, (1994)
Sapindaceae	<i>Bumelia retusa</i>	<i>Daphnia magna</i>	-----	Iannacone et al. (2006)
	<i>Paullinia clavigera</i>	<i>Amblyoma sp.</i>	-----	Lagunes et al.(1990)
Simarubaceae	<i>Cuasia amara</i>	-----	-----	Balanchowsky, (1951)
	<i>Picrasma exelca</i>	-----	-----	Balanchowsky, (1951)
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	<i>Systema basalis</i>	Plantago o llanten	Rivera et al. (2004)
		<i>Diabrotica balteata</i>	Plantago o llanten	Rivera et al. (2004)
		<i>Cercospora plantagenis</i>	Plantago o llanten ( <i>Plantago major</i> )	"
		<i>Sclerotium rolfsii</i>	Plantago o llanten ( <i>Plantago major</i> )	"
		<i>Diabrotica binillata</i>	Plantago o llanten ( <i>Plantago major</i> )	"
	<i>Daphne gnidium</i>	<i>Acanthacris ruficornis</i>	-----	"
		<i>Sitophilus oryzae</i>	-----	"
		<i>Spodoptera littoralis</i>	-----	Pérez y Ocete, 1994
		<i>Doru lineare</i>	-----	Lagunes et al.(1990)
<i>Duboisia howoodii</i>	-----	-----	Regnault, et al. (2004)	
Taxaceae	<i>Taxus baccata</i>	-----	-----	Schmutterer y Singh (1995)
Umbelliferae	<i>Coriandrum sativum</i>	<i>Systema basalis</i>	Plantago o llanten ( <i>Plantago major</i> )	Rivera et al. (2004)

FAMILIA	ESPECIE	PLAGA QUE REGULA	CULTIVO	REFERENCIA
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	<i>Diabrotica balteata</i>	Plantago o llanten ( <i>Plantago major</i> )	Rivera <i>et al.</i> (2004)

## **2.7 Familias y géneros utilizados tradicionalmente.**

### **2.7.1 *Meliaceae***

Las Meliáceas, plantas neotropicales, forman un grupo de más de 14 géneros (Pennington *et al.*, 1981). Los compuestos con actividad insecticida de la familia Meliaceae se pueden encontrar en hojas, tallos, frutos y semillas. Se han realizado estudios en donde se han extraído una serie de diversos compuestos provenientes de estas estructuras. Esta familia es la fuente del nim (*Azadirachta indica*) y de la tusendamina, un limonoide comercializado en China para luchar contra insectos.

En esta familia se encuentra una de las especies más estudiadas y documentadas en cuanto a sus usos biocidas: *Azadirachta indica* comúnmente conocida como *El árbol de Nim*. Otras especies de esta familia utilizadas como plaguicidas botánicos son *Melia azedarach* y *Cedrella odorata*. En los últimos años se ha realizado investigación en otros géneros de esta familia: *Swietenia*, *Trichilia* y *Guarea* (Arnason *et al.*, 1992).

Isman *et al.* (1996) realizaron una revisión sobre el potencial de la Familia Meliaceae, en donde comunicaron que las plantas que presentan propiedades insecticidas son más bien raras, mientras que son más comunes las que presentan propiedades antiapetentes.

#### **2.7.1.1 *Azadirachta indica***

*Azadirachta indica* o árbol del Nim contiene miles de sustancias químicas, pero las de especial interés como plaguicidas son los *terpenoides*, compuestos por C, H y O. Saxena, (1996) mencionó que se han aislado más de cien componentes terpenoides, de estos, los limonoides (triterpenos), son los más importantes por su actividad y concentración en el árbol. Estos pertenecen a nueve grupos básicos (Tabla 3).

**Tabla 3: Principales limonoides presentes en el árbol del Nim: estructura química y grupos**















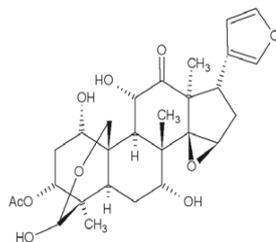


Los limonoides de la familia Meliaceae han mostrado la habilidad de impedir el crecimiento de los insectos (reguladores del crecimiento) y como anti alimentarios.

La Azadirachtina es el principal componente del árbol del Nim que interviene como biocida. Varios autores coinciden en que la mayoría de los aspectos anti hormonales y anti alimentarios son debido a la Azadirachtina. De hecho se considera que del 72 al 90 % de la actividad biocida del Nim es debida al contenido en azadiractina, (Quarters, 1994; González *et al.*, 2006; Huerta y Chiffelle, 2007). Si bien la azadiractina tiene efectos antiapetentes para determinados insectos, la eficacia del Nim en el campo como agente de protección reside fundamentalmente en su capacidad para inhibir el crecimiento de los insectos diana impidiendo su muda.

#### **2.7.1.2 *Melia azedarach***

*Melia azedarach* fue introducida en América con fines ornamentales, se conoce comunmente como “árbol del paraíso o Lila” . Es un árbol caducifolio de unos 10 a15 metros de altura, tronco recto y delgado con corteza oscura y fisurada y copa globosa. La actividad insecticida de *Melia azedarach* esta en hojas, tallos, frutos y semillas. De estas estructuras se han extraído con acetona, agua, alcohol cloroformo, diclorometano y eter de petroleo, los siguientes compuestos: paradisina, cumarinas, azederacol, meliacarpina, miliacarpinina, melianol, melianona, meliantriol, meliatina, meliatoxina, nimbolina, nimboldina, nimbolinina, oquinolida, sendanina, toosendanina y vilasinina. Destacan principalmente meliartenin (figura 2.) limonoide (triterpeno), con cualidades antialimentarias y azadiractina (triterpeno), el mayor compuesto natural antialimentario conocido, proveniente de *A. Indica* (Huerta y Chiffelle, 2007).



**Figura 1: Estructura molecular del Meliartenin**

La actividad insecticida de *Melia azedarach* se debe a un grupo de triterpenos biológicamente activos, que tienen efecto antialimentario. El mecanismo de acción de la mayoría de las sustancias provenientes de *Melia azedarach* consiste en inhibir la acción de las oxidasas en el intestino medio, por lo que el insecto inmaduro muere o se convierte en pupa o adulto anormal por deficiencia de nutrientes o interferencia en los procesos fisiológicos. Esto se traduce en inhibición de la alimentación, disminución del crecimiento y desarrollo, descenso de la tasa metabólica relativa, emergencia de adultos deformes, inhibición de la oviposición o mortalidad (Huerta y Chiffelle, 2007).

El principal compuesto responsable de la actividad insecticida de *Melias azedarach* es el meliartenin (Fig. 2), extraído principalmente de sus frutos, el cual actuó como regulador de crecimiento y antialimentario. Sin embargo, la extracción y aislamiento es difícil y cara. Los intentos por sintetizar el compuesto activo de *M. azedarach* no han sido satisfactorios debido a la complejidad de la molécula. Las síntesis logradas han sido sólo parciales y los hemi-compuestos obtenidos, no tienen actividad biológica; por lo que se deduce que la bioactividad recae en la molécula completa (Chiffelle *et al.*, 2009).

### 2.7.1.3 Generos: *Swietenia*, *Cedrella*, *Trichilia* y *Guarea*.

Si bien las especies más conocidas y estudiadas de la familia Meliaceae son *Azadirachta Indica* y *Melia azedarach*, esta familia presenta grandes posibilidades para el aislamiento de nuevos compuestos con acción insecticida. Por ejemplo, Arnason *et al.*, (1992) nos habla de trabajos de investigación con los géneros *Swietenia*, *Cedrella*, *Trichilia* y *Guarea*, utilizando extractos de cortezas, frutos y hojas. Estos trabajos se han aplicado principalmente en plagas del maíz como *Ostrinia nubilalis* y *Spodoptera frugiperda*, encontrando efectos insecticidas y reguladores de crecimiento siendo los extractos de cortezas los más activos.

Se ha encontrado que nuevos limonoides aislados de *Swietenia humulis*, tienen un efecto regulador del crecimiento sobre *Ostrinia nubilalis* parecido a la tusendamina (Jimenez *et al.*, 1998). *Cedrella* es particularmente interesante porque la madera de este abundante género contiene una alta concentración de limonoides; por ejemplo la especie *Cedrella odorata*, contiene entre el 0.1 y 0.3% de genudina (McKinnon *et al.*, 1997a), un reductor moderadamente activo del crecimiento de los insectos; *Cedrella salvadorensis* contiene cedrenolina, un compuesto más activo. La madera de cedro tropical es conocida tradicionalmente en América central por sus propiedades insecticidas (Pennington *et al.*, 1981).

Por otro lado, las especies del género *Guarea*, parecen un poco menos activas que los restantes géneros, los frutos de *Guarea grandifolia*, producen diferentes compuestos reductores del crecimiento (Jimenez *et al.*, 1998). Se han identificado tres protolimonoides: 21- $\alpha$ -acetilmelianona, milianona, y melianodiol, y tres limonoides: gedunina, 7 deacetoxi-7-oxigedunina y 6-  $\alpha$ -acetogedunina.

En un estudio sobre *Trichilia trifolia*, realizado por Ramirez *et al.* (2000) de la

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), identificaron tres diterpenoides nuevos. Estos compuestos muy interesantes tienen grandes núcleos con elevada reactividad. Se ha comprobado, utilizando un nuevo bioensayo puesto a punto por el grupo de Paul Fields (Agriculture Canada, Winnipeg), que estos compuestos tienen una actividad antiapetente sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus Zeamays*).

### **2.7.2 Rutaceae**

La especie que representa a esta familia es la ruda (*Ruta graveolens*), utilizada tradicionalmente como planta medicinal, incluso como materia prima en la industria farmacéutica. En investigaciones recientes, especies de la familia rutaceae, específicamente del género *Ruta* (*Ruta graveolens*, *Ruta chalepensis*) son objeto de estudio en el área de los plaguicidas botánicos utilizada contra coleópteros, pulgones y nemátodos. (Sánchez, 2002).

En especies del género *Ruta*, se han encontrado compuestos químicos como aceites esenciales, furanocoumarinas, alcaloides, bajas cantidades de lípidos neutros, xantofilas, carotenoides y la rutina (rutinosina) (Gandhi *et al.*, 1991; Asibeckova *et al.*, 1993).

Cerca de cien alcaloides que tienen esqueleto de acridona han sido encontrados en diferentes géneros de la familia Rutaceae (Gröger *et al.*, 1993) Todos los alcaloides de acridona han sido reportados únicamente en las plantas de la familia Rutaceae, y alrededor de 90 acridonas han sido aisladas. Se ha encontrado que las acridonas, cumarinas, piretrinas, alcaloides, glucósidos, rotenoides, sesquiterpenos entre otros, tienen actividades antivirales, antibióticas, antifúngicas y participan en la respuesta de defensa de las células de las plantas (Paulini *et al.*, 1991b).

## 2.8 Principales moléculas de origen vegetal con propiedades insecticidas

En función de la ruta metabólica que los sintetiza, los metabolitos secundarios de plantas se pueden dividir en cinco grandes grupos (Nakanishi et al., 1974; Croteau, 2000).

1. **Terpenoides:** Se conocen unos 25.000 y todos ellos poseen un precursor de cinco carbonos que es el *isopreno*. Es el grupo que presenta una mayor diversidad estructural, e incluye aceites esenciales, resinas, fitoesteroides, piretrinas de origen natural y saponinas.
2. **Alcaloides:** Se han descrito alrededor de 12.000. Todos ellos poseen al menos un átomo de nitrógeno en su estructura. Se sintetizan principalmente a partir de aminoácidos.
3. **Fenoles:** Se conocen unos 8000 compuestos fenólicos y todos ellos provienen de la ruta del ácido siquímico. Algunos de los más conocidos son las quinonas, cumarinas, ligninas y taninos .
4. **Policetometilenos:** Se conocen alrededor de 6000 compuestos de este tipo, que provienen de la ruta biosintética del acetato, vía malonil-coenzima A.
5. **Metabolitos de biogénesis mixta:** que provienen del acoplamiento de dos o más partes estructurales biosintetizadas por las rutas metabólicas indicadas anteriormente. Algunos de los más conocidos con acción insecticida son los flavonoides, y algunos alcaloides como la ergotamina. (Nakanishi et al., 1974).

### **2.8.1 Terpenoides**

Los terpenoides son los metabolitos secundarios de vegetales que presentan una mayor diversidad estructural. Las unidades de cinco carbonos (isopreno) que se unen para formar los terpenoides lo pueden hacer en forma de cabeza-cola y también cola-cola (fig. 2) de una forma completamente regular para la inmensa mayoría de las sustancias de este tipo. Esta regularidad en la unión de unidades isoprénicas, controlada por diversos sistemas enzimáticos, hace que, a pesar de la enorme diversidad estructural de los terpenoides, sus esqueletos hidrocarbonados puedan ser explicados de una manera racional en base a los conocimientos existentes sobre su biosíntesis (Caballero, 2004).

Más de 25.000 compuestos isoprenoides han sido caracterizados y cientos de

nuevas estructuras son descritas cada año (Mizutani, 1999). De entre las sustancias antialimentarias, los terpenoides son el grupo de compuestos aleloquímicos más importantes y prometedores porque se encuentran en cantidades apreciables en plantas de diversas familias (Rodríguez *et al.*, 1994) y por su conocida actividad aleloquímica (Pickett, 1991).

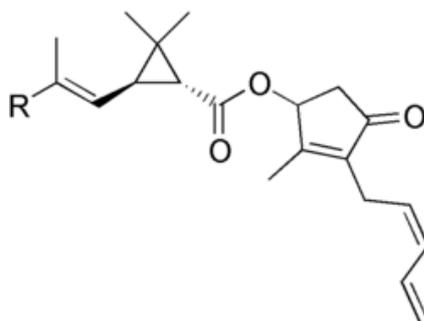
Entre las plantas que han proporcionado mayor número de terpenoides activos frente a insectos, se encuentran las especies de las familias Meliaceae y Labiatae (Jacobson, 1989). Meliaceae es una familia que se caracteriza por la biosíntesis de triterpenos altamente oxidados comúnmente conocidos como tetranortriterpenoides, meliacinas o limonoides, de reconocida actividad frente

a insectos (Taylor, 1981; Champagne *et al.*, 1992).

A continuación se describirán los compuestos más estudiados pertenecientes al grupo de los terpenoides.

### **2.8.1.1 Piretrinas de origen vegetal**

Las piretrinas (fig. 4) son una mezcla de compuestos orgánicos que se encuentran de modo natural principalmente en las flores del crisantemo (*Chrysanthemum cinerariifolium*), especie perteneciente a la familia Asteráceae, de donde se extraen principalmente las piretrinas.



Las piretrinas tienen una larga historia en cuanto a su uso como plaguicidas, existen diversos escritos del siglo XIX, que describen la utilización por las poblaciones del Cáucaso asiático de insecticidas vegetales obtenidos a partir de flores molidas de crisantemo. Ware, (1991) y Regnault *et al.*, (2004) mencionan la gran utilidad que tuvieron el uso de preparados a base de piretrinas para librarse de las pulgas durante las guerras Napoleónicas. La producción del piretro como insecticida data aproximadamente de 1850, y su uso ha crecido a pesar del aumento en la utilización de insecticidas sintéticos (Cremllyn, 1995).

El *Chrysanthemum cinerariifolium* o Piréto de Dalmacia (actualmente Croacia),

se ha cultivado en forma comercial en Japón y Yugoslavia, pero procede sobre todo de Kenia, Tanzania y Ecuador. Otras especies de Crisantemo como *Chrysantemum roseum*, *Chrysantemum tamrutense*, *Chrysantemum carneum*, son también fuentes de piretrinas (Dajoz, 1969).

De las propiedades de las piretrinas, quizá la más sobresaliente es el rápido efecto de “derribo”, que ocasiona que la mayoría de los insectos voladores caigan casi inmediatamente al ser expuestos a ellas. También son altamente irritantes en otros insectos y por lo tanto, se utilizan como un “agente de lavado” para dispersar las plagas. Se degradan rápidamente al exponerse a la luz o a la humedad, por lo tanto no persisten mucho tiempo en el ambiente (Brooklyn botanic garden, 2001).

Comentario [Autor des1]: Buscar la referencia completa

Las sustancias activas contra los insectos están en las flores y deben su actividad insecticida al piretro, que es una mezcla de esteroides: Piretrina I y II, Cinerina I y II, y Jasmolina I y II. Las piretrinas son las más abundantes. Los cuatro esteroides más abundantes presentan diferente toxicidad: Piretrina I, 100% de Toxicidad relativa; piretrina II, 23%; cinerina I, 71% y cinerina II 18% (Weinzerl, 1998).

En la actualidad las piretrinas son productos sanitarios fitoquímicos muy utilizados comercialmente, ya que su gran inestabilidad a la luz, al aire y a la humedad, reduce sustancialmente los riesgos inherentes a su utilización por la ausencia de residuos a consecuencia de su inestabilidad. Se está utilizando en asociación con *rotenona* o con extractos de *Ryania* en formulaciones destinadas a la jardinería o en los tratamientos de ciertos productos alimenticios (Weinzerl, 1998).

### **2.8.1.2 Aceites Vegetales**

Los aceites vegetales son esencialmente triglicéridos, derivados transesterificados de los aceites vegetales, también llamados aceites

esterificados o aceites metilados. Resultan del desplazamiento del glicerol por un alcohol, como el metanol. En Europa los aceites vegetales proceden esencialmente de la colza y, en América del Norte, de la soja y, en menor medida, del maíz o del girasol.

Con respecto a la actividad fitosanitaria de los aceites vegetales, se han realizados pruebas principalmente en coleópteros. Su toxicidad se manifiesta de varias maneras: Toxicidad por inhalación sobre los insectos adultos (Regnault-Roger y Hamraoui, 1993; Regnault-Roger *et al.* 1993); acción ovicida y larvicida (Regnault-Roger y Hamraoui, 1994a) y actividad antinutricional para las larvas intracotiledonareas (Regnault-Roger y Hamraoui, 1994b). Además del uso como materias activas, los aceites vegetales se utilizan en protección vegetal como vectores de los tratamientos aéreos, a veces como solventes pero más frecuentemente como coadyuvantes.

Para poder explicar la acción de los aceites se han invocado diversos efectos sobre los parámetros que se utilizan para determinar la eficacia de los herbicidas; aquí se retoma el caso de la acción de los aceites vegetales mezclados con herbicidas, debido a que es el campo en donde se encuentra la mayor información con respecto a su uso como coadyuvantes o formulantes.

Contrariamente a los humectantes, los aceites no aumentan en forma significativa la retención de la papilla de pulverización por parte de las plantas tratadas. Tampoco parece que afecten a la translocación de los herbicidas en los vegetales. De acuerdo con Gauvrit y Cabanne, (2004) las hipótesis más avanzadas se refieren a:

- ◆ La morfología de los depósitos
- ◆ El estado físico de la materia activa
- ◆ Las ceras y la permeabilidad de las cutículas

Recordemos que los órganos aéreos de los vegetales superiores están

recubiertos de una cutícula cuyos componentes, las ceras, les permiten presentar una barrera eficaz contra las moléculas de agua y de los xenobióticos. Las ceras están presentes en el interior de la cutícula y en su superficie, los aceites modifican la morfología de los depósitos de los pesticidas sobre los vegetales al afectar su distribución sobre la superficie foliar. Por ejemplo, en ausencia de aceite, el herbicida MCPA (ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético) se acumula, después de la evaporación de las gotitas de la pulverización, en las depresiones de la cutícula que son en realidad, los límites de las células epidérmicas. En presencia de aceite, toda la superficie foliar queda recubierta por el herbicida (Hess y Falk, 1990).

En la actualidad la tendencia del uso de aceites vegetales en la lucha contra las plagas agrícolas se manifiesta como una alternativa para la sustitución de aceites de origen fósil, que son los más utilizados actualmente como coadyuvantes de herbicidas y plaguicidas. Por otra parte, los aceites vegetales no se descartan en las investigaciones para utilizarlos como materiales de actividad insecticida, especialmente de sus derivados los monoterpenos.

### **2.8.1.3 Los Fitoecdisteroides**

Los fitoecdisteroides son sustancias producto del metabolismo secundario de las plantas, derivados de los ecdisteroides. Son un tipo de compuestos que las plantas sintetizan en respuesta a la interacción coevolutiva con insectos fitófagos que tienen efectos en la fisiología de estos en ventaja de los vegetales. Estos compuestos son estructuralmente similares a las hormonas que utilizan los artrópodos en el proceso de desarrollo conocido como ecdisis. Cuando los insectos comen plantas productoras de estos compuestos, sufren las mudas prematuramente, pierden peso, sufren otros daños metabólicos y finalmente mueren (Dinan, 2001).

Los fitoecdisteroides fueron descubiertos en 1966 y actualmente se conocen

más de 200 sustancias diferentes (Lafont *et al.*, 2002). Buen número de estos compuestos se comportaron activamente en los bioensayos aplicados a diferentes especies de insectos, lo que motivó la aseveración de que estos compuestos protegen a las plantas de los insectos fitófagos.

Desde un punto de vista químico, los fitoecdisteroides se clasifican como triterpenoides, el grupo de compuestos que incluye, además, a las saponinas triterpénicas y a los fitoesteroides. Las plantas, sintetizan los fitoecdisteroides a partir del ácido mevalónico en la ruta metabólica del mevalonato, utilizando acetil-CoA como precursor. Se han identificado más de 250 análogos de ecdisteroides en plantas, y se estima que debe haber más de 1.000 (Dinan, 2001; Dinan *et al.*, 2001).

Como en todos los artrópodos, los procesos de crecimiento y desarrollo están regulados por mecanismos endocrinos. Los insectos poseen, salvo en las articulaciones, un exoesqueleto rígido, frecuentemente renovado para permitir el crecimiento (mudas larvarias) y la situación de las estructuras anatómicas de la imago (muda marginal), dos grandes clases de hormonas no peptídicas controlan estas mudas, las hormonas juveniles y las hormonas de la muda. Todas las mudas son desencadenadas por la elevación del nivel de hormonas de muda circulantes (ecdisteroides). El tipo de muda, larvaria o imaginal, esta controlada respectivamente por la presencia o ausencia de hormonas juveniles en ciertas fases críticas del ciclo de muda. Los niveles circulantes de ecdisteroides y hormonas juveniles se regulan con precisión mediante mecanismos que controlan a la ves, la síntesis y la degradación de estas hormonas. Los compuestos inactivos pueden ser almacenados o eliminados (Lafont, 1997).

Los ecdisteroides actúan sobre un receptor nuclear que es un heterodímero que comprende dos proteínas: una receptora de los ecdisteroides y una proteína ultra espicular (Lezzi *et al.* 1999). Estos dos elementos se asocian cuando el

receptor de los ecdisteroides esta ligado a la hormona. La acción de los ecdisteroides puede inhibirse actuando a diferentes niveles de este complejo mecanismo. Los esteroides producidos por las plantas podrían así actuar según dos modalidades: sinérgica, cuando tienen una acción similar a la de la hormona nativa; o antagónica, cuando bloquean su acción (Dinan *et al.*, 1999).

La concentración de ecdisteroides en una planta, varía en función del órgano y de su estado de desarrollo. Las plantas perennes tienden a acumular los ecdisteroides en los órganos permanentes (como los rizomas, la corteza de la madera y las raíces), mientras que las plantas anuales los concentran en los órganos reproductores y en los tejidos de crecimiento rápido. El nivel de ecdisteroides y su localización también varían con el tiempo y con la estación. Los Fitoecdisteroides, se movilizan en los brotes y hojas jóvenes durante el crecimiento y después se almacenan en las raíces, al final del verano, para su reutilización el año siguiente (Dinan, 1998).

Las consecuencias de la ingestión de fitoecdisteroides varían según los insectos. Algunos insectos son muy tolerantes, como las especies de *Heliothis*, *Spodoptera littoralis* y *Lacusta migratoria*, que son capaces de adaptarse a dosis altas de fitoecdisteroides. Otras especies son muy sensibles como *Petinophora gossypiella* (Kubo *et al.*, 1983). Las larvas sufren mudas incompletas con formación de una o varias cápsulas cefálicas encajadas, que les impide alimentarse y causa su muerte. El aporte de fitoecdisteroides en la alimentación puede también retrasar la muda ya que la exuviación necesita una disminución de los ecdisteroides circulantes (Marion-Poll *et al.*, 2004).

Es conveniente mencionar que los fitoecdisteroides no representan una alternativa integradora en el control de plagas, pero está comprobado al menos que estos compuestos actúan sobre una función fisiológica específica de los artrópodos y en función a esto pueden considerarse para estructurar diversas estrategias enfocadas a este fin. Por ejemplo, se ha demostrado que

tratamientos con extractos de plantas pulverizadas ricas en fitoecdisteroides, resultan extraordinariamente interesantes en la cría de insectos con la finalidad de sincronizar las mudas ninfales. En el caso del gusano de seda, ya se ha demostrado la viabilidad de esta estrategia utilizando compuestos sintéticos (Marion-Poll et al., 2004).

Otra posibilidad que ofrecen estos compuestos se vislumbra considerando la ingeniería genética y los avances que en épocas recientes ha tenido esta ciencia. Hacer producir fitoecdisteroides a plantas cultivadas representa una estrategia a considerar.

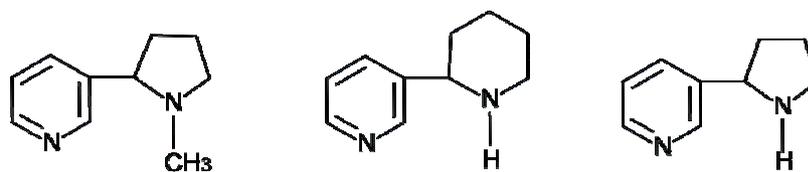
#### **2.8.1.4 Limonoides**

Los limonoides o meliacinas son triterpenoides con 26 carbonos, a cuyo esqueleto hidrocarbonado le faltan cuatro carbonos de la parte de la cabeza de la última unidad de isopentenilo. Esta eliminación de una parte del esqueleto triterpénico originario, se produce por procesos biosintéticos de oxidación-ruptura de enlaces C-C, y los sistemas enzimáticos responsables de ésta fragmentación.

Alrededor de 300 limonoides naturales han sido aislados a la fecha y son estructuralmente más diversos y abundantes en la familia Meliaceae que en cualquier otra. Recientemente, estos metabolitos secundarios han recibido mucha atención debido a su complejidad estructural y a su diversificada y alta actividad biológica (Isman *et al.*, 1995).

La actividad biológica de los limonoides ha sido revisada por (Champagne *et al.*, 1992), donde se informa de los efectos de 78 limonoides, clasificados en 8 grupos estructurales, sobre la alimentación y el desarrollo en 8 órdenes de insectos. Se sabe que solo la azadiractina tiene efecto sobre más de 200 especies de insectos y ácaros (Saxena, 1989). Se ha comprobado que este limonoide afecta no sólo al comportamiento alimentario y oviposición, sino

también a la fecundidad; ya que interfiere en el proceso de síntesis de la ecdisona y de la hormona juvenil (Mordue y Blackwell, 1993). Por otra parte, en



**Nicotina**                      **Anabasina**                      **Normicotina**  
**Figura 3: Estructura química de la nicotina y sus análogos**

una revisión realizada por Schmutterer y Singh (1995), encontraron que de 450 a 500 especies de insectos ensayadas, 413 de ellas repartidas en 15 órdenes, mostraron algún grado de susceptibilidad a productos del Nim, donde los principales principios activos son limonoides.

Entre los limonoides que también han demostrado poseer actividad insecticida similar a la de la azadiractina (Mordue y Blacwell, 1993), cabe destacar los compuestos extraídos de semillas de *Trichila havanensis* (Meliaceae) que muestran actividad antialimentaria frente a larvas de la rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*) (López-Olguín, 1997) y poseen actividad antialimentaria frente a larvas del gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y el escarabajo de la papa *Leptinotarsa decemlineata* (López-Olguín, 1998).

## **2.8.2 Alcaloides**

### **2.8.2.1 Nicotina**

La nicotina es una sustancia natural obtenida de algunas especies de la familia de las Solanáceas, la especie más utilizada con este propósito es: *Nicotiana tabacum*, (Tabaco); otras especies del género que presentan propiedades similares son *Nicotiana rustica* y *Nicotiana glauca*.

La nicotina fue aislada por primera vez en 1828 por Posselt y Reimann, pero fue

hasta 1904 cuando Pictet y Rotschy consiguieron su síntesis. (Matsumura, 1975). Químicamente esta molécula es un alcaloide, su fórmula es  $C_{10}H_{11}N_2$ , es muy estable y presenta una fuerte toxicidad para los insectos al actuar a la vez, como veneno cardíaco y neurotrópico. Otras propiedades de la nicotina son por ejemplo, su volatilidad lo que la hace ser un excelente insecticida por inhalación, además forma moléculas muy estables como sales, sulfatos, oleatos o estearatos. Esto la transforma también en un potente insecticida por ingestión (Dajoz, 1969).

La nicotina también actúa como insecticida de contacto no persistente contra áfidos, cápsidos, minadores de las hojas, palomillas de la manzana y trips en una amplia gama de cultivos (Cremllyn, 1995).

Por otra parte, la nicotina presenta un inconveniente muy considerable: su fuerte toxicidad para mamíferos: debido a que mimetiza la acetil colina, se une a los receptores postsinápticos y provoca, primero una estimulación que va seguida de una depresión de los ganglios del sistema vegetativo, de las terminaciones de los nervios motores en los músculos estriados y en el sistema nervioso central. La muerte se produce por parálisis de los músculos respiratorios, siendo la dosis letal para el hombre de 50 a 60mg. (Lauwerys, 1990).

El uso principal de la Nicotina se ha dirigido contra pulgones y ciertas cochinillas (como *Pseudococcus comstocki* o cochinilla de la platanera), pero su popularidad decreció mucho al aparecer los insecticidas sintéticos fosfóricos. En la actualidad es empleada muy marginalmente como alternante cuando existen problemas de resistencia a otros plaguicidas. A pesar de que la nicotina en determinado momento tuvo un amplio uso, su modo de acción no queda del todo claro, pero con el desarrollo de moléculas análogas a la Nicotina se han puesto al descubierto una serie de factores olvidados en la bibliografía, que conducen a creer que la nicotina actúa como “sustituyente” de la acetilcolina; en

el sentido de que el nuevo receptor es incapaz de distinguir entre la nicotina (o sus análogos) y la acetilcolina, produciéndose entonces una intoxicación «acetilcolínica» o similar, a la que contribuye de modo poderoso su rápida penetración en el sistema nervioso central (Matsumura, 1975).

#### *Compuestos análogos a la nicotina*

En la medida que se profundizó en estudios sobre la nicotina, se pudo conocer que alrededor de ella existen otros productos estrechamente relacionados y que solo varían en su radical, tales productos incluyendo a la nicotina reciben el nombre de *nicotinoideas*.

En la figura 4 se muestra la Estructura de la nicotina y sus análogos más comunes:

Entre las moléculas análogas a las nicotina encontramos a la nornicotina extraída de una planta Australiana: *Duboisia howoodi*, difiere de la nicotina por la ausencia de un grupo metilo en su molécula; por otra parte tenemos a la anabasina (fig. 5) extraída por primera vez por Orechov en 1929, de una especie de Chenopodiaceas del Mar Caspio y que se comercializaba con el nombre de "Nicotina rusa". Se trata de un isómero de la nicotina para el que se ha comprobado una sensibilidad muy variable según las especies contra las que use (Bloomquist, 1996). La anabasina se extrae de *Anabasis aphylla*, de allí el nombre de Anabasina.

#### **2.8.2.2 Compuestos azufrados**

Las sustancias azufradas son producidas principalmente por plantas del género *Allium* de la familia Liliaceae y por las Crucíferas. Aquí podemos mencionar especies como *Allium sativum*, *Allium cepa*, *Allium Porrum*, *Allium canadense*, *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Brassica juncea*, *Azoreum rusticana*; entre otras especies pertenecientes a estas dos familias.

Los compuestos azufrados se dividen en dos clases:

- A) Aminoácidos azufrados no protéicos y sus derivados, presentes en mayor abundancia en el género *Allium*.
- B) Glucosinolatos y sus derivados presentes en las plantas de la familia Asteráceas.

La actividad fitosanitaria de los compuestos azufrados de los *Allium* y las crucíferas se ha registrado como acaricida, nematocida, herbicida, fungicida y bactericida. Los efectos que ocasionan en los organismos patógenos de manera específica, son similares a los de los demás insecticidas de origen botánico. Entre otros se pueden citar: repelencia, inhibición de la alimentación, efecto antiovipositor, inhibidores del crecimiento, de acción anticolinesterásica y ovicidas (Nowbari y Thibout, 1992; Huang *et al.*, 2000).

**Tabla 4: Nombres y fórmulas de los compuestos azufrados más comunes**

Nombres	Formulas
Sulfóxido de alquenilcisteína	$R-SO-CH_2CH(NH_2)-COOH$
Disulfuro	$R-S-S-R'$
Tiosulfinato	$R-SO-S-R'$
Tiosulfonato	$R-SO_2-S-R'$
Trisulfuro	$R-S-S-S-R'$
Glucosinolato	$C_6H_{12}O_6-S-CR=N-O-SO_2-O-K$
Isocianato de alquilo	$R''-N=C=S$

En la tabla 4 se presentan los compuestos azufrados más conocidos:

Las especies del género *Allium* tienen una considerable producción de aminoácidos azufrados ya que su contenido en las plantas alcanza hasta un 5% de la materia seca. Los aminoácidos azufrados más comunes son cisteína, cistina y metionina. El glutatión y sus derivados también figuran entre las sustancias azufradas con propiedades fitosanitarias.

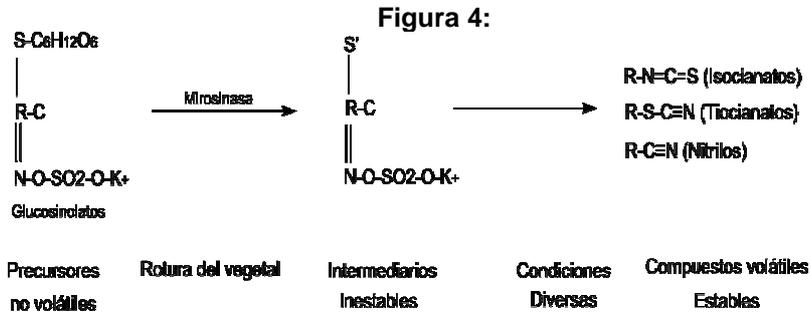
Los sulfóxidos de alquenilcisteína, son los compuestos azufrados más abundantes en especies del género *Allium*, los más estudiados son cuatro:

- Sulfóxido de S-metil-L-cisteína que se encuentra presente en bajas proporciones en los *Allium* cultivados pero en abundancia es especies silvestres y de ornato.

- Sulfóxido de S-Propil-L-cisteína, presente en el Puerro (*Allium porrum*)
- Sulfóxido de S-I-Propenil-L-cisteína, presente en la cebolla.
- Sulfóxido de S-Alil-L-cisteína, también conocido como *alinina*, presente en el Ajo (*Allium sativum*)

En los *Allium*, estos compuestos se almacenan en el citoplasma de las células en forma de dipéptidos, y se liberan por la acción de la enzima glutamil peptidasa (Lancaster y Collin, 1981) en forma de compuestos volátiles.

La actividad biológica de los *Allium* se debe a sustancias volátiles derivadas de los compuestos azufrados que son emitidas durante la descomposición celular, entonces aminoácidos precursores se ponen en presencia de una enzima, la *allinasa* o alinilquilsulfinato liasa que promueve tras la ruptura del enlace C-S, la síntesis de una serie de compuestos azufrados volátiles (Jaillanis *et al.*, 1999)



En las Crucíferas están presentes los Glucosinolatos (GLU), que al igual que los derivados de la cisteína poseen propiedades de utilidad en el control de las plagas. Se cuenta con más de 100 GLU identificados (Fenwick *et al.*, 1983), los cuales se clasifican en tres grandes familias: Los alquilGLU, los aralquil-GLU o GLU aromáticos y los indoilGLU. En una misma especie pueden presentarse diferentes GLU. Así, en *Armoracia rusticana* se encuentran más de treinta. Su concentración varía según el órgano que se considere y la edad de la planta (Merritt, 1996).

Como precursor de los GLU la *Sinigrina* se ha estudiado especialmente ya que es la que con mayor frecuencia se ha utilizado en ensayos por su fácil disponibilidad. En relación a este compuesto se ha estudiado el comportamiento alimentario y la elección del lugar de puesta. En general, aunque con estudios menos numerosos, Los GLU desencadenan con mucha frecuencia la puesta de huevos en insectos especialistas de las Crucíferas (Lerin, 1980).

Entre otros GLU estudiados con frecuencia encontramos la *Gluconapina*, y la *Gluconasturtina*. Que han mostrado efectos tóxicos en *P. xylostela* (Feenny, 1976). También se han identificado otras sustancias secundarias como las *fitoalexinas azufradas* y las *brasininas*, especialmente importante en las plantas atacadas. (Baur *et al.*, 1998).

A partir de estos GLU, un mecanismo enzimático similar al descrito antes para los *Allium*, va a permitir la producción de compuestos volátiles que son los responsables de la actividad sanitaria.

Al parecer las sustancias azufradas más activas tienen su efecto especialmente en estado gaseoso (compuestos volátiles) y deberían recomendarse para los tratamientos de fumigación. Al hacer un análisis general del progreso obtenido en los trabajos de investigación, las sustancias volátiles azufradas obtenidas de los *Allium* tienen potencial para usarse en aplicaciones rápidas como

insecticidas, mientras que las obtenidas de las crucíferas han proporcionado ya productos para tratamientos del suelo, como fungicidas y nematicidas.

Por último es importante mencionar que las crucíferas no son las únicas plantas que producen GLU, pero al igual que los *Allium* son las más ampliamente consumidas por el hombre y, consecuentemente, sus compuestos secundarios y propiedades han sido los más estudiados.

### **3.6.3. Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos o polifenoles representan un grupo de metabolitos secundarios complejos que comprenden varias familias: derivados de los ácidos benzoico y cinámico, cumarinas, flavonoides, flavonas, isoflavonas, flavanes, flavononas, chalconas, auronas, antocianos y estilbenos. Algunos son precursores de polímeros de las paredes celulares, como la lignina y la suberina. Otros son polímeros intracelulares, como taninos condensados y los taninos hidrolizables (El Modafar y El Boutasni, 2004).

Los polifenoles, además de su participación en diferentes procesos fisiológicos de la planta (germinación, crecimiento, floración, fructificación, etc.) representan un papel muy importante en la protección vegetal. El modo de acción de los compuestos fenólicos en la resistencia de las plantas a las agresiones parasitarias de microorganismos, es múltiple, pudiéndose distinguir efectos directos e indirectos.

La toxicidad de los compuestos fenólicos está demostrada para numerosos microorganismos por sus efectos biostáticos o biocidas, según sea el caso. Los compuestos fenólicos manifiestan especialmente una acción inhibitoria de la actividad de las enzimas hidrolíticas de los parásitos, como las pectinasas, celulasas y proteasas (El Modafar *et al.*, 2000a). Pueden igualmente inhibir la producción de enzimas hidrolíticas (Bostock *et al.*, 1999; El Modafar *et al.*, 2000a) y la biosíntesis de toxinas parasitarias (Desjardins, *et al.*, 1998). Además

se han comprobado alteraciones en las membranas (Smith, 1982) e inhibiciones al nivel de la cadena de transporte de electrones. (Scalbert, 1992) o de la biosíntesis de ARN y ADN (Mori *et al.*, 1987).

En cuanto a los efectos indirectos encontramos la oxidación de los compuestos fenólicos, particularmente los orto-difenoles, por las polifenoloxidasas y las peroxidasas, en donde se producen orto-quinonas muy tóxicas para numerosos organismos (El Modafar *et al.*, 2000a). Estas orto-quinonas pueden polimerizarse generando productos aún más tóxicos las melaninas, (Harbone, 1989) que aparecen bajo forma de pigmentos oscuros en el interior de las células o en su pared como consecuencia de reacciones necróticas asociadas a hipersensibilidad (Nicholson y Hammerschmidt, 1992). Los productos de oxidación de los fenoles intervienen, además, en la resistencia de numerosas plantas a los parásitos vasculares (Beckman, 1987; El Modafar *et al.*, 2000a) y parenquimáticos (Harbone, 1989).

Los efectos indirectos son más diversos, por ejemplo tenemos que los polifenoles refuerzan las paredes celulares de los vegetales, Esto contribuye en la defensa contra los fitopatógenos porque casi todos, en excepción de los hongos lignolíticos responsables de la pudrición de la madera, no degradan los polímeros fenólicos, lignina y suberina (Harbone, 1989). Se constituyen así como factores de defensa (Nicholson y Mammerschmidt, 1992) al formar una barrera mecánica que:

- Protege los restantes componentes de la pared (celulosa y pectina) de la acción de las enzimas hidrolíticas de los parásitos.
- Impide la difusión de las toxinas del parásito en las plantas y el paso de agua y nutrimentos de las células vegetales hacia los puntos en que se alberga el agente patógeno.
- Forma en los vasos, depósitos que impiden la diseminación vertical de los parásitos vasculares.

Otra característica que proveen los polifenoles es la privación de los elementos nutritivos al agente patógeno. Este fenómeno, según Scalbert (1992), ocurre de la siguiente manera: Las protoantocianidinas (flavanes polimerizados o taninos condensados), poseen la propiedad de complejar determinados iones metálicos, como el hierro y el cobre, gracias a sus grupos orto-difenoles. Esto se traduce en una reducción de la disponibilidad de estos iones in vivo y limita así el desarrollo de los agentes patógenos.

Por otra parte, la resistencia sistemática de numerosas plantas (Malamy *et al.* 1990; Rasmussen *et al.* 1991; Mauch-Mani y Métraux, 1998), es inducida por el ácido salicílico (orto-hidroxibenzoico). Este compuesto fenólico, cuyos contenidos endógenos aumentan después de la infección (Malamy *et al.* 1990; Rasmussen *et al.* 1991), emigra desde los tejidos infectados al resto de la planta via el floema (Rasmussen *et al.*, 1991; Smith-Becker *et al.*, 1998) y desencadena la síntesis de ARNm de numerosas proteínas, especialmente de las proteínas PR, de la fenilalanina amino-liasa y de las peroxidasas que intervienen en el proceso de lignificación (Mauch-Mani y Métraux, 1998; Smith-Becker *et al.*, 1998). Aunque el ácido salicílico posee las propiedades de un mensajero a larga distancia, fuertemente implicado en la adquisición de resistencia sistémica, el mecanismo de su acción no es aun totalmente conocido.

Por su poder antimicrobiano, los compuestos fenólicos constituyentes de la planta, parecen participar en la resistencia de numerosas especies vegetales a los agentes fitopatógenos. El Catecol y el ácido protocatético solo aparecen en variedades de cebolla resistentes a *Colletotrichum circinans* (Walter y Stahmann, 1955). Por otra parte, el contenido de fenoles esta relacionado frecuentemente con el nivel de resistencia de las plantas a la infección parasitaria (Patil *et al.*, 1966). Se ha comprobado, con frecuencia, el incremento de los fenoles existentes (Friend, 1981; Nicholson y Hammerschmidt, 1992). Su participación en la defensa de las plantas frente a los agentes patógenos esta comprobada

en numerosas interacciones huésped-parásito. Así los contenidos de polifenoles aumentan masivamente y se acumulan en los tejidos que rodean las zonas infectadas, lo que genera un ambiente toxico para los xenobiontes y tiene como consecuencia la restricción del desarrollo del agente patógeno (Mansfield, 1999).

La participación del metabolismo de los fenoles en la resistencia, no se debe a una sola modificación metabólica, sino a toda una serie de modificaciones (biosíntesis de fitoalexinas, y de fenoles solubles, insolubilización en las paredes celulares, oxidación, lignificación, suberización, etc.) que pueden intervenir en cascada y cuya eficacia podría explicarse por efectos sinérgicos. Parece, igualmente, que el modo de intervención de los compuestos fenólicos en la resistencia es múltiple, pudiendo ir, desde un efecto antimicrobiano directo, hasta la modulación de las reacciones de defensa de la planta a través de señales para la expresión de sus genes. Por ello los compuestos fenólicos representan uno de los mecanismos determinantes de la resistencia de numerosas plantas a los ataques de parásitos.

### *2.8.3 Policetometilenos*

Se conocen alrededor de 6000 compuestos de este tipo, que provienen de la ruta biosintética del acetato, vía malonil-coenzima A (Nakanishi et al., 1974).

### *2.8.4 Metabolitos de biogénesis mixta*

Proviene del acoplamiento de dos o más partes estructurales biosintetizadas por las rutas metabólicas indicadas anteriormente. Algunos de los más conocidos con acción insecticida son los flavonoides, y algunos alcaloides como la ergotamina. (Nakanishi et al., 1974).

## **2.9 Productos comerciales existentes en el mercado**

En la actualidad está tomando auge la producción comercial de productos botánicos para el control de plagas dentro de una amplia gama de productos de origen natural que ya se comercializan alrededor del mundo. En la tabla cinco se presenta un breve listado de algunos productos comerciales provenientes de las plantas.

**Tabla 5: Productos comerciales existentes en el mercado**









































### 3. CONCLUSIONES

La producción agrícola es fundamental en cualquier sociedad, independientemente del orden económico que prevalezca en ella, por ello es de suma importancia contar con la tecnología más adecuada para las partes fundamentales de este proceso. Bajo tal panorama, el control de plagas juega un rol de primordial importancia.

En la actualidad existen diversos métodos que se emplean para el control de plagas agrícolas, la adopción de uno u otro, en la mayoría de los casos, está en función del aporte que tenga en el aumento de la producción al menor costo, desconociendo el efecto que pueda tener en el ambiente y en la sociedad consumidora.

Por otro lado, los efectos negativos en el ambiente que cada vez son más evidentes y la creciente demanda de la sociedad de inocuidad alimentaria, son el principal motor para búsqueda y adopción de estrategias de control de plagas agrícolas que integren los elementos necesarios para cumplir con estas demandas. Las tecnologías que se han adoptado bajo este panorama, incluyen el uso de variedades resistentes; el control biológico; productos de origen natural como *Bacillus thuringensis*, productos elaborados a base de hongos y extractos crudos o destilados provenientes de las plantas.

El uso de productos derivados de las plantas es una alternativa eficaz y sana

para el control de plagas ya que se acerca a lo que se podría llamar "el insecticida ideal" por presentar la característica de selectividad y especificidad debido a la evolución paralela e interdependiente de las plantas con los insectos, además de ser fácilmente biodegradables y de no generar resistencia por la diversidad en las moléculas que forman parte de los compuestos activos.  
}

Esta diversidad hace que tengan diversos mecanismos de acción tales como: repelentes, antialimentarios, repelentes de oviposición, insecticidas, reguladores de crecimiento, entre otros.

Es importante aclarar que el uso de las plantas o propiedades que estas presentan, en el control de plagas, no es nuevo. Estas técnicas se han venido empleando de manera empírica durante muchos siglos en la agricultura nativa y campesina de los diferentes grupos étnicos alrededor del mundo, por lo tanto no son resultado única ni principalmente de la ciencia occidental y en su empleo como tecnología para el control de plagas agrícolas es importante se le de el reconocimiento que atañe a este conocimiento.

Recientemente un sector de la comunidad científica, los de la corriente del enfoque holístico y la teoría de sistemas, se están dando a la tarea de validar el conocimiento tradicional de los grupos étnicos y campesinos. Sin embargo, existen controversias al respecto sobre la validez científica de este conocimiento, principalmente por los investigadores que utilizan el método reduccionista como vía para el conocimiento científico. En última instancia, la validez científica de determinado método que se emplee, se corrobora en la práctica.

El lugar de los productos botánicos en el control de plagas se inscribe dentro de la diversificación de la defensa fitosanitaria. Esta debe ser el resultado de la conjunción de diversas estrategias complementarias entre ellas. El uso de

formulaciones fitosanitarias provenientes de la plantas, representa una estrategia particularmente adaptada a la preocupaciones actuales de mejora de la diversidad, biodegradabilidad, y selectividad de los tratamientos, esto con la necesidad de tener la mínima cantidad de residuos tóxicos y respeto a las cadenas tróficas y de biocenosis.

#### 4. LITERATURA CITADA

- Alonso, O. Sánchez, S. Berrios, M y Delgado A. 1996. Nota técnica: El extracto oleoso de Cayeput, un bioinsecticida-repelente contra *Andredoctor ruficornis*. Pastos y Forrajes. **19**:289.
- Altieri, M. A. 1993a. Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries. *Agric. Ecosyst. and Environment*. **46**: 257 -272.
- Altieri, M. A. 1999. AGROECOLOGÍA. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Nordan-Comunidad. Montevideo Uruguay. 339 p.
- Anón. 1999. Resumen del árbol (*Azadirachta indica* A. Juss) Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Managua, Nicaragua. 5 p. (Mimeo).
- Arnason J. McKinnon S. Isman M. and Durst T. 1992. Insecticides in tropical plants with non neurotoxic modes of action, *Recent Adv. In Phytochemistry*, **28**: 107-131.
- Auger J. y Thibout, E. 2004. Sustancias azufradas de los *Allium* y las Crucíferas. En: Regnault, R. 2004. Biopesticidas de origen vegetal, Ed. Mudi prensa. 77-96.
- Ascher, KRS. 1993. Non-conventional insecticidal effects of pesticides available from the Neem tree, *Azadirachta indica*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* **22**: 433-449.

Aviles, R. Rodriguez, A. Estrada, J. Morales, A. Soto-Mayor, E. y Bravo, B. 1994. Un nuevo formulado de *Nerium oleander* para el control del minador del piñón botija (*Jatropha curcas* L.) Resúmenes. VII Jornada científica INIFAT-MINAG. Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. p. 63.

Azam, K. 1994. Toxicity of Neem oil against leaf miner (*Liriomyza trifolii* Burgess) on cucumber. Plant Protection Quarterly. **6**:196

- Baur, R. Städler, E. Monde, K. and Takasugui, M. 1998. Phytoalexins from Brassicaceae (cruciferae) as oviposition stimulants for the cabbage root fly, *Delia radicum*. *Chernoecol.* **8**:163 – 168.
- Beckman, C. 1987. *The Nature of Wilt Disease Plants*. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Blanchette, R. 1992. Anatomical responses of Xylem to injury and invasion by fungi. En: Blanchette R. Biggs A. 1992. *Defense mechanisms of Woody Plants against fungi*. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, 76 – 95.
- Bostock, R. Wilcox, S. Wang, G. and Adaskaveg, T. 1999. Suppression of *Monilia fructicola* cutinase production by peach fruit surface phenolic acids. *Physiol. Mol. Plant. Pathol.*, **54**: 37-50.
- Brown, B. J., and G. G. Marten. 1986. «The ecology of traditional pest management in Southeast Asia.» In: *Traditional Agriculture in Southeast Asia*. G. Marten, ed. Boulder: Westview Press. Pp. 241 272.
- Caballero, C. 2004. Efectos de terpenoides naturales y hemisintéticos sobre *Leptinotarsa decemlineata* (Say). (Coleoptera: Chrysomelidae) y *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Nocturnae). Memoria para optar el grado de doctor. Universidad Complutense de Madrid.
- Cepero, J. 1994. Estudio preliminar sobre el efecto insecticida de un extracto vegetal de *Argemone mexicana* L. sobre *Oebalus insularis* Stal (Heteroptera: Pentatomidae). Resúmenes. VII Jornada Científica INIFAT – MINAG. Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. p. 80.
- Chambers, R. 1983. *Rural Development: Putting the Last First*. London: Longman.
- Champagne, D. Koul, O. Isman, M. Scudder, G. and Towers, G. 1992. Biological activity of limonoids from the Rutales. *Phytochemistry* **31**: 377 394.

- Chiffelle, I. Huerta A. and Lizana, D. 2009. Physical and chemical characterization of *Melia azedarach* L. Fruit and leaf for use as botanical insecticide . Chilean journal of agricultural research **69 (1)**: 38-45
- Cisneros, F. 1995. Control de Plagas Agrícolas Segunda Edición, Editorial Impresión Full Print SRL. Lima 313 p.
- Conklin, H. 1979. An ethnoecological approach to shifting agriculture. In: *Environmental and Cultural Behavior*. A. P. Nayda, ed. New York: The Natural History Press.
- Cremlyn, R. 1995. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. México D.F. Ed. Limusa. 356 p.
- Crespo, J. Silva, J. Salas, M. y Estrada, J. 1994. Uso de insecticidas botánicos para el control de *Heliothis virescens fabricius* (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del Tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Resúmenes. VII Jornada Científica INIFAT – MINAG. Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. p. 62.
- Croteau, R. 2000. Natural products (Secondary metabolites). Chapter 24. En: *Biochemistry and Molecular Biology of plants*. Buchanan, B.; Gruissem, W. Y Jones, R. (eds.) American Society of Plants Physiologists.
- Desjardins, A. Plattner, R. Spencer, G. 1998. Inhibition of trichothecene toxin biosynthesis by naturally occurring shikimate aromatics. *Phytochemistry*, **29**: 2107-2108.
- Díaz, T. Aviles, R. Armas, G. y Hernandez, A. 1997. Efecto de Sasafrás (*Bursera graveolens* H.B.K.) sobre *Callosobruchus maculatus* (F) en frijol carita. Programa y Resúmenes. III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba. p. 57.
- Dinan, L. 1998. A Strategy toward the elucidation of the contribution made by phytoecdysteroids to the deterrence of invertebrate predators on plants. *Russian J. Plant Physiol.*, **45**: 296-305.

- Dinan, L. Savchenko, T. Whiting, P. and Sarker, S. 1999. Plant. natural products as insect steroid receptor agonists and antagonists. *Pestic. Sci.*, **55**: 331-335.
- Dinan, L. Savchenko, T. Whiting, P. 2001. On the distribution of phytoecdysteroids in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences* **58(8)**:1121-1132
- Dost. 1998. Madre de cacao. Department of Science and Trade. Manila, Philippines.
- Ellis, B. and Bradley, F. 1996. The organic gardener's handbook of natural insect and disease control. Rodale Press. Emmaus, Pennsylvania.
- El Modafar C. Clérvet, A. Fleuriet, A. and Macheix, J. 1993. Inoculation of *Platanus acerifolia* with *Ceratocystis fimbriata* f. sp. Platani induces scopoletin and Umbelliferone accumulation. *Phytochemistry*, **34**: 1271-1276.
- El Modafar, C. and El Boutani, E. 2000. Relationship between cell Wall susceptibility to cellulases and pectinases of fusarium oxisporum and susceptibility of date palm cultivars to the pathogen. *Biol. Plant.* **43**: 571-576.
- Evans, D. A. 1988. Insect pest problems and control strategies appropriate to small scale corn farmers in Ecuador. Ph.D. dissert. Univ. Calif., Davis. 121 pp.
- Friend, J. 1981. Alteration in secondary metabolism. En: Ayres PG. Effects of disease on the Physiology of the growing plant. Cambridge Univ. Press, 179-200.
- Gandhi, M. Sankaranarayanan, L. and Sharma, L. 1991. Post-coital antifertility activity of *Ruta graveolens* in female rats and hamsters. *Journal of Ethnopharmacology*. **34**: 49-59.
- Gauvrit, C. y Cabanne, F. 2004. Aceites vegetales y monoterpenos en las formulas fitosanitarias. En: Regnault, R. et al., 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Ed. Mundi prensa. 287-303.
- González A, A. Del Pozo, E. Galvan, P. González C, A. y González J. 2006. Extractos vegetales y aceites minerales como alternativa de control de mosca blanca (*Bemisia* spp.) en berenjena (*Solanum melongena* L.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. UDO Agrícola. ISSN 1317-9152, Vol. 6, N°. 1. Pp.

84-91.

Gröger, D. Baumert, A. and Maier, W. 1993. Acridone Synthase: A key in acridone alkaloid biosynthesis. *Planta Medica*. **59: A** 584-585.

Harborne, J. 1988. Higher plant-lower plant interactions: phytoalexins and phytotoxins. En: Harborne, J. 1988. *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, 302-340.

HDRA. 2000. *Diamondback moth, Plutella xylostela*. Pest Control **No. TPC3**, June 2000 . Tropical Advisory Service. Henry Doubleday Research Association, UK.

Huang, R. Tadera, K. Yagi, F. Minami, Y. Okamura, H. Iwagawa, T. and Nakatani. M. 1996. Limonoids from *Melia azedarach*. *Phytochemistry*, **43 (3)**: 581-583.

Huang, Y. Chen, S. 2000. Bioactivities of methyl allyl disulfide from essential oil of garlic to two species of stored – product pests, *Sitophilus zeamais* (coleoptera curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entomol.* **93**: 537 – 543.

Huerta, A. y Chiffelle, I. 2007. *Propiedades insecticidas del árbol del paraíso (Melia azedarach L.)*. Ambiente For. Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Chile . **Año 2, No 3**, Junio 2007.

Iannacone, J. Alvaríño, L. Soto, J. y Salcedo, C. 2007. Efecto toxicológico del “Sachayoco”, *Paullinia clavigera* (Sapindaceae) sobre *Daphnia magna* y sobre dos Controladores Biológicos de Plagas Agrícolas. *Journal of the Brazilian society of Ecotoxicology*. **Vol. 2, n. 1**: 15-25.

Iannacone, J. y Lamas, G. 2003. Efectos toxicológicos de Molle (*Schinus molle*) y Lantana (*Lantana camara*) sobre *Crhysoperla externa* (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE), *Trichogramma pinto* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) y *Copidosoma koheleri* (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) en el Peru. *Agricultura técnica* **63(4)**: 347-360.

- Iannacone, J. y Reyes, M. 2001. Efecto de la Rotenona y el Neem sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleiroididae) y *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) Plagas del Tomate en el Perú. *Agronomia Tropical*. **51(1)**: 65-79.
- Isman, M. Arnason, J. and Towers, G. 1995. Chemistry and biological activity of ingredients of other species of Meliaceae. Pp. 652-666. en: *The neem tree: Source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes*. Schmutterer, H. (ed.). VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim.
- Isman, M. Matsumura, H. McKinnon, S. Durst, T. Towers, G. and Arnason, J. 1996. Phytochemistry of the meliaceae. *Recent Adv. Phytochem.* **30**: 155-178.
- Jacobson, M. 1989. Botanical pesticides: past, present and future. Pp 1-10 en: *Insecticides of plant Origin*. Arnason, J. Philogene, B and Moran, P. (eds.), A.C.S. Symposium Series 387. American Chemical Society, Washintong D.C.
- Jaillais, B. Cadoux, E. and Auger, J. 1999. SPME – HPLC analysis of *Allium* lacrymatory factor and thiosulfinates. *Talanta*, 50: 423 – 431.
- Jha, S. and Roychoudhury, N. 1990. Evaluation of some plant extracts as antifeedants against *Diacrisia obliqua* (Walker) and *Sitophilus oryzae* (Linn.). *Science and Culture*. **56**:74.
- Jimenez, A. Villarreal, J. Toscano, R. Cook, M. Arnason, J. Bye, R. and Mata, R. (1998). Limonoids from *Swietenia humilis* and *Guarea grandifolia* (Meliaceae). *Phytochemistry*, **49**: 1981 – 1988.
- Jozivan, F. Teixeira, E. Xavier, L. Martins, A. y Costa, T. 2008. Extractos vegetales en el control de plagas. *Revista Verde de Agroecologia (Mossoró – RN – Brasil)* **Vol.3, n.3**, p. 01-05
- Lafont, R. 1997. Ecdysteroids and related molecules in animals and plants. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.*, **35**: 3-20.

- Lafont, R. Harmatha, J. Mario–Poll, F. Dinan, L. and Wilson, I. 2002. The Ecdysone handbook (3<sup>rd</sup> Edition). ECDYBASE. <http://ecdybase.org/>.
- Lagunes, T. Arena, L. y Rodríguez, H. 1990. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. Proyecto PROAF-CONACYT. Dirección General de Sanidad Vegetal. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. México.
- Lancasters, J. and Collin, H. 1981. Presence of *Allinase* in insolated vacuoles and of alkyl cysteine sulfoxides in the cytoplasm of bulbs of onion (*Allium cepa*). *Plant Sci, Letters*, **22**:169-179.
- Lerin, J. 1980. Influence des substances allelochimiques des cruciferes sur les insects. *Acta. Oecol. Gener.*, **1**: 215-235.
- Leyva, L. 1994. Omeotl. México, 1994.
- Lezzi, M. Bergman, T. Mouilier, I. and Henrich, V. 1999. The ecdysone receptor puzzle. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.*, **41**: 99-106.
- Litsinger, J. A., E. C. Price, and R. T. Herrera. 1980. Small farmers' pest control practices for rainfed rice, corn and grain legumes in three Philippine provinces. *Philipp. Entomology* **4**:65-86.
- López-Olguín, J. 1997. Actividad de *Trichilia havanensis* J. sobre larvas de *Spodoptera littoralis*. *Bol. San. Veg. Plagas* **23**, 3-10.
- López-Olguín, J. 1998. Actividad de productos de *Trichilia havanensis* (Jacq.) y *Scutellaria alpina* subesp. *javalambrensis* (Pau), sobre *Leptinotarsa decemlineata* (Say) y *Spodoptera exigua* (Hübner). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- López-Olguín, J. De la Torre, M. Ortego, F. Castañera, P. and Rodríguez, B. 1999. Structure-activity relationships of natural and synthetic neo-clerodane diterpenes from *Teucrium* against Colorado potato beetle. *Phytochemistry* **50**: 749-753.
- Malamy, J. Carr, J. Klessing, D. and Raskin, I. 1990. Salicylic acid: a Likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection.

- Science, **250**: 1001-1004.
- Mauch-Mani, B. and Metraux, J. 1998. Salicylic acid and systemic acquired resistance to pathogen attack. *Ann Bot.*, **82**: 535-540.
- Marion-Poll, F. Dinan, L. y Lafont, R. 2004. Lugar de los fitoecdisteroides en la lucha contra los insectos fitófagos. En: Regnault, R. Phylogene, B y Vincent, C. 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Editorial Mundi prensa. 97 – 114.
- Mckinnon, S. Durst, T. Arnason, J. Angerhofer, G. Pezzuto, J. Sánchez, V. Poveda L. and Gbeassor, M. 1997a. Antimalarial activity of tropical meliaceae extracts and gedunin derivatives. *J. Nat. Prod.*, **60**: 336-41.
- Melara, W. López, J. Bustamante, M. y Sabillón, A. 1996. Manejo de los plaguicidas botánicos. Zamorano, Tegucigalpa, Honduras (<http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ManejoPlaguicidas.pdf>)
- Menendez, J. Mercadet, A. Quert, R. Guyat, M. Gonzalez, R. Berrios, M. Martinez, A. y Hidalgo, E. 1994. Manejo, aprovechamiento y empleo de *Melaleuca leucadendron* L. (Cayepu) en Cuba. Memorias del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales. Santo Domingo, República Dominicana. p. 337
- Merrit, S. 1996. Within-plant variation in concentrations of amino acids, sugar, and sinigrin in phloem sap of black mustard, *Brassica nigra*. (L.) Koch (Cruciferae). *J. Chem. Ecol.* **22**: 1133 – 1145.
- Mikolajczak, K. and Reed, D. 1987. Extractives of seeds of the meliaceae effects on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Acalymma vittatum* (F.) and *Artemia salina* Leach. *J. Chem. Ecol.* **13**: 99-111.
- Miyoshi, M. 1998. Structure-activity relationships of some Complex I inhibitor. *Biochimica et Biophysica Acta* 1364: 326-244.
- Mizutani, J. 1999. *Selected Allelochemicals*. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **18**: 653-671.

- Mon, A. Nishino, C. Enoki, N. and Tawata, S. 1987. Antimicrobial activity and mode of action of plant flavonoids against *Proteus vulgaris* and *Staphylococcus aureus*. *Phytochemistry*, 26: 2231-2234.
- Morales, A. Aviles, R. Estrada, J. Hernandez, M. Fraga, S. y Ruiz, M. 1994a. Efectividad insecticida observada en algunos extractos en condiciones de laboratorio. Resúmenes. VII Jornada Científica INIFAT-MINAG. Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. p. 79
- Morales, A. Aviles, R. Estrada, J. Hernandez, M. Fraga, S. y Ruiz, M. 1994b. Utilización de polvo de semillas de paraíso (*Melia azedarach* L.) y un formulado contra larvas de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera:Pyralidae). Resúmenes. VII Jornada Científica INIFAT-MINAG. Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. p. 64
- Morales, A. Aviles, R. Estrada, J. Hernandez, M. Fraga, S. y Ruiz, M. 1994c. Posibilidades insecticidas de *Melaleuca leucadendron* L. en condiciones controladas. Resúmenes. VII Jornada Científica INIFAT-MINAG. Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. p. 78
- Mordue, A. and Blackwell, A. 1993. Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology* 39: 903-924.
- Nakanishi, K. Goto, S. Natosi, S. and Nozoe, S. 1974. Natural Products Chemistry. Academic Press, Inc; Tokyo, 1: 4
- Nakataki, M. Iwashita, T. Naoki, H. And Hase, T. 1985. Structure of a limonoid antifeedant from *Trichilia roka*. *Phytochemistry* 24: 195-196.
- National Academy of Science. 1969. Insec- Pest management and control. NAS, Publication No. 1695. Washington, D.C. 508 p.
- Nicholson, R. and Hammerschmidt, R. 1992. Phenolic compounds and their role in disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 30: 369-389.

- Nowbahari, B. y Thibout, E. 1992. Defensive role of *Allium* sulfur compounds for leek moth *Acrolepiopsis assectella* Z. (Lepidoptera) against generalist predators. *J. Chen. Ecol.*, **18**: 1991 – 2002.
- Patil, S. Zucker, M. and Dimond, A. 1966. Biosynthesis of chlorogenic acid in potato root resistant and susceptible to *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology*, **56**: 971-974.
- Paulini, H. Waibel, R. Kiefer, J. and Schimmer, O. 1991. Gravacridondiolacetate, A new dihydrofuroacridone alkaloid from *Ruta graveolens*. *Planta Medica*. **57**: 82-83.
- Pickett, J. 1991. Lower terpenoids as natural insect control agents. En: *Ecological Chemistry and Biochemistry of Plant Terpenoids*. Harborne, J. & Tomas-Barberan, F. (eds). Proc. Phytochemistry Soc. Europe, 31. Clarendon Press, Oxford. 297-313.
- Pennington, T. Styles, B. and Taylor, D. 1981. Meliaceae. Fl. Neotrop. Monogr. New York. **28**: 1- 470.
- Pérez, D. e Iannacone, J. 2006. Efectividad de Extractos Botánicos de Diez Plantas Sobre la Mortalidad y Repelencia de Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L., Insecto Plaga del Pijuayo *Bactris gasipaes* Kunth en la Amazonía del Perú. *Agric. Téc.*, mar. 2006, **vol. 66, no.1**, p.21-30. ISSN 0365-2807.
- Pérez, D. y Iannacone, J. 2008. Mortalidad y repelencia en *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: castiniidae), plaga de la palma aceitera *Elaeis guineensis*, por efecto de diez extractos botánicos. *Sociedad Entomológica Argentina*. **67(1-2)**:41-48, 2008.
- Perez, M. y Ocete, R. 1994. Actividad antialimentaria de extractos de *Daphne gnidium* L. y *Anagyris foetida* L. sobre *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera:Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*. **20**:623
- Quarters, W. 1994. AZANIM. <http://www.fitoca.com/es-fitocanada--s-l-archivos.html>

- Regnault, C, Hamraoui, A. Holeman, M. Théron, E. and Pinel, R. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *A.obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Chem. Ecol., **19(6)** : 1231-1242.
- Regnault, C. and Hamraoui, A. 1994. Reproductive inhibition of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by some aromatic essential oils. Crop Prot.,**13(8)** : 624-628
- Richards, P. 1985. Indigenous Agricultural Revolution: ecology and food production in West Africa. Boulder: Westview Press.
- Rivera, M. Milanés, M. y Ramos, S. 2008. Control con medios naturales de los principales insectos y hongos que afectan a *Plantago lanceolata* L. y *Plantago major* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales 2008; **13 (1)**
- Rodríguez, L. Esquivel, B. And Cárdenas, J. 1994. *Clerodane Diterpenoids in Labiatae*. Prog. Chem. Org. Nat. Prod. **63**: 107-196.
- Rodríguez, J. y Esclapés, M. 1995. Protocolos Estándares para Bioensayos de Toxicidad con Especies Acuáticas. Versión 1.0. Gerencia General de Tecnología. Departamento de Ecología y Ambiente. INTEVEP. PDVSA. Venezuela. 109 pp.
- Rodríguez, A. y Sanchez, S. 1994. Polvos vegetales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsch. y *Zabrotes subfasciatus* Boh. en maíz y frijol. Turrialba Vol, 44, No.3,pp. 160-167
- Romero, F. 2004. Manejo Integrado de Plagas: Las bases, los conceptos su mercantilización. Universidad Autónoma Chapingo. Colegio de postgraduados: Instituto de fitosanidad, Montecillo. Chapingo, Texcoco, México.103 p.
- Ruthenberg, 1971. *Farming Systems of the Tropics*. London. Oxford Univ. Press.
- Sanchez, J. 2002. Efecto de extractos de *Ruta graveolens* (RUTACEAE) sobre *Radopholus similis* e identificación de nematodos asociados al cultivo de

- plátano *Musa spp.* tesis de Maestria en Ciencias . Universidad de Colima. México.
- Sanchez, S. Alonso, O. Be-Rrios, M. y Delgado, A. 1996. Nota técnica: Actividad antialimentaria del aceite de cedro sobre *Andrector ruficornis* (Coleoptera, Chrysomelidae). Pastos y Forrajes. **19**:191
- Sangatan, P. and Sangatanan, R. 2000a. Organic fungicide. How to process/prepare organic fungicides. Technology and Livelihood Series. Busy Book Distributors, Quezon City.
- Sangatan, P. and Sangatanan, R. 2000b. Practical guide to organic pesticides. Technology and Livelihood Series. Busybook Distributor, Quezon City
- Saxena, R. 1989. Insecticides from Neem. Pp. 110-135 En: *Insecticides of plant origin*. Arnason. J. Philogene, B. and Moran, P. (eds.). A.C.S. Symposium Series 387. American Chemical Society, Washington D.C.
- Schmitt, A. 2005. *Reynoutria sachalinensis* plant extract. BBA. Institut fuer biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt, Germany.
- Schmutterer, H. and Ascher K. 1987. Natural pesticides from the Neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and the other tropical plants. En: Proceedings of the 3rd, International Neem Conference. GTZ, Eschborn, Germany.
- Schmutterer, H. and Singh, R. 1995. List of insect pests susceptible to Neem products. pp 326-365. En: Schmutterer, H. (ed.). The neem tree: Source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim.
- Singh, R. and Singh, S. 2000. *Neem for pest management: How to grow and use*. Division of Entomology, Indian Agricultural Research Institute. New Delhi, India.
- Solórzano R. 2000. Métodos no tóxicos para el control de plagas agrícolas. Resúmenes. Foro regional de agricultura orgánica. Santo Domingo. República Dominicana.

- Sridhar, S. Arumugasamy, S. Saraswathy, H. and Vijayalakshmi, K. 2002. *Organic vegetable gardening*. Center for Indian Knowledge Systems. Chennai.
- Sridhar, S. and Vijayalakshmi, K. 2002. *Neem: A user's manual*. CIKS, Chennai.
- Stein, U. and Klingauf, F. 1990. Insecticidal effects of plant extracts from tropical and subtropical species. Traditional methods are good as long as they are effective. *Journal of Applied Entomology*. **110**:160
- Stoll, G. 2000. *Natural protection in the tropics*. Margraf Verlag. Weikersheim. to the top PAN Germany, OISAT. <http://www.oisat.org/>.
- Taylor, D. 1981. Chemotaxonomy: The occurrence of limonoids in the Meliaceae. Pp 450-459. En: *Flora Neotropica: monograph 28*. A monograph of neotropical Meliaceae. Eds. Pennington, T.D. The New York Botanical Garden, N.Y.
- Taveras, F. 1994. Control de plagas con el uso de Nim en República Dominicana (*Bemisia tabaci*, *Pseudoacysta perseae* y otros). *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros insecticidas vegetales*. Santo Domingo, República Dominicana. p. 19
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Mapes, and C. Toledo. 1985. *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. Mexico City: Siglo Veintiuno Ed.
- Turlings, TCJ; Loughrin, JH; McCall, PJ; Rose, USR; Lewis, WJ; Tumlinson, JH. 1995. *How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. v. 92(10) p. 4169-4174
- Viglianco, A. Novo y Cragolini, R. 2006. Actividad biológica de extractos crudos de *Larrea divaricata* Cav. y *Capparis atamisquea* Kuntze sobre *Sitophilus oryzae* (L.). *Agriscientia* (Córdoba), jul./dic. **vol.23, no.2**, pp. 83-89.
- Vijayalakshmi, K. Subshashini, B. and Koul, S. 1998. *Plants in pest control: Custard apple, vitex, sweet flag, and poison nut*. CIKS. Chennai, India.

- Vijayalakshmi, K. Subhashini, B. and Koul, S. 1999. *Plants in Pest Control: Garlic and onion*. Centre for Indian Knowledge Systems, Chennai, India.
- Vivanco, J. Cosio, E. Loyola, V. y Flores, H. 2005. Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y ciencia*. Febrero de 2005. 8 p.
- Wilken, G. 1977. *Integrating forest and small-scale farm systems in middle America*. *Agro-Ecosystems* 3:291-302
- Wink, M. 2000. Interference of alkaloids with neuroreceptors and ion channels. Pp. 3- 129 en: *Bioactive Natural Products*. Atta-Ur-Rahman, X. (ed.). Elsevier.
- Woods, A. 1978. *Pest Control*. McGraw-Hill, Lóndres. Pag. 82.

## 5. APÉNDICES

## **Apéndice 1.**

### **Extractos botánicos para el control de plagas**

Históricamente las plantas han sido utilizadas como plaguicidas por diversos grupos étnicos y campesinos alrededor del mundo. En un principio, el tipo de planta a utilizar y su forma de uso no eran del todo aceptada por falta de claridad en cuanto a su eficiencia, ya que en muchas recetas se utilizan preparados que no son exclusivamente de una planta, esto no permite tener certeza de qué planta es la que tiene propiedades de plaguicidas, cuales pueden ser los ingredientes activos y el tipo de efecto que ejercen (repelente, insecticida, atrayente, etc.), pero en la mayoría de los casos contribuyen a solucionar un problema inmediato en cuanto al control de plagas se refiere.

Lo anterior nos hace ver la necesidad de ser muy analíticos en cuanto a la especie a utilizar y la forma en que será utilizada, es decir la parte de planta más efectiva y el método de extracción más eficaz tanto en su acción plaguicida como en el costo.

El uso de las plantas con propiedades insecticidas o plaguicidas se hace a través de la obtención y aplicación de sus extractos, que es la forma como se pueden concentrar los posibles ingredientes activos y potencializar su efecto.

Los extractos vegetales son preparaciones líquidas o en polvo, obtenidas por la retirada de los principios activos de los vegetales (Jozivan *et al.*, 2008) Para la obtención de los extractos vegetales se utilizan diversas metodologías. A continuación se presentan algunas de acuerdo con la literatura disponible.

Jozivan *et al.*, 2008.

Para la preparación de los extractos pueden ser utilizados: hojas, ramas, flores, frutos, semillas y cáscaras de plantas. Inmediatamente después de la colecta, las partes de los vegetales son colocadas para secar en estufa a la temperatura de 35 - 40 °C, por el periodo de tiempo necesario, hasta que la masa sea constante. Posteriormente es molida con auxilio de un molino de cuchillos; después el polvo es filtrado en tamiz de 0,8 mm., procurando que esto sea el mismo día de la molida.

Normalmente son preparadas suspensiones contiendo 10 g de cada especie vegetal molida y 100 ML de agua destilada, pero esa concentración puede ser mayor o menor dependiendo del tipo y fase en que la plaga se encuentra, así como la parte y la especie vegetal; permaneciendo en reposo por 12 horas, que también puede variar, con el propósito de extraer los compuestos hidrosolubles. Transcurrido ese tiempo, se filtra con un tejido adecuado, obteniéndose extractos en la concentración (masa/ volumen) del 10%.

Almeida *et al.*, 1999

Cincuenta gramos (50g) de la especie vegetal. Después de pasar por el molino de cuchillos, es depositada en un recipiente contiendo 200ml de disolvente (alcohol P.A.). La mezcla es agitada en una licuadora por cinco minutos para homogeneización. Después transportada en un vaso tipo Becker cuya boca es recubierta con papel aluminio prendido por cinta crepe y guardado en ausencia de luz por 48 horas. Durante este periodo, la mezcla es agitada ocasionalmente y después filtrada en papel de filtro, obteniéndose, así, el extracto, el cual puede ser depositados en frascos de vidrio herméticamente cerrados y guardados a una temperatura de  $50 \pm 10$  °C hasta ser utilizado. Esa solución es posteriormente diluida en las proporciones adecuadas.

Es recomendable realizar bioensayos de toxicidad, estos nos permiten evaluar el grado en que es afectado el organismos a controlar según la toxicidad que el producto ejerce sobre él. Las pruebas pueden hacerse utilizando diferentes concentraciones del ingrediente activo, esto no permite al mismo tiempo establecer las dosis más adecuadas en función del cultivo y la plaga. Además de la cantidad de la sustancia a utilizar es importante considerar el tiempo de exposición y la concentración (Rodríguez y Esclapés, 1995).

## Apéndice 2

### Métodos de preparación de extractos botánicos para el control de plagas.

Se presentan a manera de tabla, algunos métodos de preparación de extractos botánicos para el control de plagas. Esta información es resultado de la investigación de Pesticide Action Network (PAN). Organización Alemana de presencia internacional que busca alternativas justas para el ambiente en el campo de la producción agrícola.

#### Modos de preparación de extractos botánicos para el control de plagas

Traducido de: Pesticide Action Network (PAN). *Online Information Service For Non – Chemical Pest Management in the Tropics*. <http://www.oisat.org/controlmap.htm>.

Materiales	Método de preparación	Como usarlo	Plagas que ataca	Referencia
<b>Hojas de coleus (<i>Coleus scutellarioides</i>)</b>  5 kg de hojas 5 litros de agua Cuchillo Balde Colador	Lava y limpia las hojas. Corta las hojas en pedazos pequeños. Agregar al agua Colar	Asperjar en la mañana temprano en las partes infestadas de la planta	Tizón temprano Ojo de sapo ( <i>Cercospora nicotianae</i> ) Mancha foliar Moho foliar	(Sangatanan, R., 2000)
<b>Extracto de Anona</b>  500 gramos de hojas frescas de anona 12 – 17 litros de agua Balde Cuchillo Cacerola Colador	Cosa las hojas en dos litros de agua hasta que el líquido restante sea aproximadamente medio litro. Cuele.	Diluya el filtrado con 10 a 15 litros de agua. Llene el aspersor. Asperje en plantas infestadas profundamente.	Áfidos Saltamontes marrón del arroz Orugas <i>Coccus viridis</i> Chinche tintorera <i>Plutella xylostella</i> Saltamontes <i>Nephotettix spp</i> Mosca casera	(Vijayalakshmi; et. al., 1998)
<b>Extracto de semilla de anona</b>		Asperjar profundamente	Hormigas Áfidos	(Stoll, 2000)

<b>Materiales</b>	<b>Método de preparación</b>	<b>Como usarlo</b>	<b>Plagas que ataca</b>	<b>Referencia</b>
500 gramos de semilla de anona 20 litros de agua Tina o balde Colador	Agregar las semillas al agua. Dejarlas reposar por 1 – 2 días. Colar.	en plantas infestadas. Spray on infested plants thoroughly.		
<b>Extracto de aceite de la semilla de anona</b> Semillas de frutos inmaduros. Molino. Agua. Balde.	Moler las semillas para extraer el aceite.	Diluir 1 parte de aceite en 20 partes de agua. Asperjar profundamente las zonas infestadas de la planta.	Pupa de la palomilla dorso de diamante	(HDRA, 2000)
<b>Extracto de hojas de rama de cruz (<i>Eupatorium odoratum</i>)</b> 400 gr hojas drenadas. 10 litros de agua 10-15 ml jabón Cacerola Balde	Cose las hojas en agua por 10 minutos. Deja que se enfríe. Cuela.	Asperjar profundamente en las partes infestadas de la planta. Asperjar temprano en la mañana o al final de la tarde.	Áfidos Mosca dorso dorado Caracóles	(Stoll, 2000)
<b>Extracto de <i>Euphorbia tirucalli</i></b> Rama madura agua contenedor de 10 litros mortero y colador	Moler la rama finamente para hacer una pasta. Dejar la pasta por momentos en el agua. Colar.	Asperjar profundamente en las partes infestadas de la planta. Asperjar temprano en la mañana o al final de la tarde.	Áfidos de los cítricos gusano cortador termitas	(Stoll, 2000)
<b>Extracto de savia de <i>Euphorbia tirucalli</i></b>	Haga un corte en una rama. Recoja la savia que escurra	Asperje en las áreas infestadas	Oruga cortadora	(Stoll, 2000)

Materiales	Método de preparación	Como usarlo	Plagas que ataca	Referencia
10 gotas de savia de la planta 1 litro de agua balde	Agregue la savia al agua.			
<b>Extracto de hojas de <i>Reynoutria sachalinensis</i></b>  hojas de <i>Reynoutria s.</i> agua molino balde	Recojer la parte superior de la planta, especialmente las hojas. Secar las hojas. Machacarlas.  Agergar 10 gramos de las hojas maceradas en un 1 litro de agua, dejar reposar por 1 hora o más. Colar para obtener un extracto claro  Use el extracto de la planta inmediatamente, nunca se deje para usos futuros.	Generalmente, el extracto es asperjado con fuerza a la planta con una semana de intervalo. Por ejemplo; en el tomate, 2 semanas; en el pepino, 1 semana; y en las uvas, 10 días de intervalo. Asperjar la planta inmediatamente después que aparezca la primer lesión en la hoja, de lo contrario el extracto ya no es eficaz cuando la infección se ha propagado ampliamente.	Oidio en tomate, chile morrón, calabacita, uva, begonia.  Botritis en plántulas de tomate y chile morrón, así como en ornamentales.	(Schmitt, 2005)
<b>Extracto de hojas de Cacahuanano (<i>Gliricidia sepium</i>)</b>  500 g de hojas mortero balde	Muela o machaque las hojas. Deje remojándose durante la noche	Agregar 20 litros de agua al filtrado. Asperjar profundamente en las plantas infestadas	Palomilla del maíz Gusano falso medidor <i>Nymphula depunctalis</i> Heliothis	(Dost, 1998)

<b>Materiales</b>	<b>Método de preparación</b>	<b>Como usarlo</b>	<b>Plagas que ataca</b>	<b>Referencia</b>
colador	Cuele.		<i>Hydrellia philippine</i>	
<b>Cacahuanano y neem</b> 1 kg de hojas de cacahuanano 1 kg de hojas de neem cuchillo Balde Colador Agua	Triture las hojas. Remoje las hojas en 5 litros de agua durante 3 días. Cuele.	Añadir agua para completar 20 litros de filtrado. Asperjar sobre las plantas infestadas. La aspersión debe hacerse con un intervalo de 4-5 días.	Áfidos Meloidos Palomilla de maíz Termitas Mosca blanca Aphids Blister beetles Termites Whitefly Escarabajos	(Stoll, 2000)
<b>Cacahuanano y chile</b> 2 kg de hojas de cacahuanano 12 piezas de chile Molino Balde Colador	Moler las hojas y los chiles. Remojar toda la noche. Colar.	Agregar agua para hacer 20 litros de filtrado. Asperjar a las partes infestadas.	Picudos Varias plagas de plántulas de tomate.	(Stoll, 2000)
<b>Cacahuanano, chile y cebolla.</b> 500 g de hojas de cacahuanano. 7 piezas de chile 3 cebollas molino Balde Colador	Moler todos los ingredientes. Dejar remojando en agua toda la noche. Colar.	Agregar agua para hacer más de 20 litros de filtrado. Asperjar en plantas infestadas.	Orugas en tomate y chile morrón.	(Stoll, 2000)
<b>Cola de caballo (Equisetum arvense)</b>  Media tasa de hojas secas finamente molidas de cola de caballo.	Ponga todos los ingredientes en la cacerola y cosa por 30 minutos.  Deje enfriar y cuele.	Asperjar profundamente en las zonas infectadas de las plantas.  Asperjar temprano en la mañana o al final	Insectos plaga y enfermedades.	(Ellis y Bradley, 1996)

<b>Materiales</b>	<b>Método de preparación</b>	<b>Como usarlo</b>	<b>Plagas que ataca</b>	<b>Referencia</b>
4 galones de agua de lluvia (15 litros)  Cacerola  Colador		de la tarde.		
<b>Extracto de semillas de <i>Lansium domesticum</i></b>  500 g de semillas 20 litros de agua Mortero Balde	Muela finamente las semillas. Remoje en agua por un día. Cuele.	Asperjar temprano en la mañana en plantas infestadas.	Palomilla del maíz y otras orugas comedoras de hojas.	(Stoll, 2000)
<b>Extracto de menta</b>  250 g de hojas 2 litros de agua Molino Colador Balde	Muela las hojas para hacer una pasta. Añada agua. Revuelva o, si quiere un líquido claro, cuele.	Asperje a las partes infestadas de las plantas.	Enfermedades bacteriales.	(Sridhar, S. et al.,2002)
<b>Extracto de hojas de neem</b>  1-2 kg de hojas de neem Mortero Ropa usada de algodón Olla Jabón Colador Cadena	Moler las hojas de neem. Colocarlas en la olla. Añadir de 2 a 4 litros de agua. Cerrar la olla de manera segura con la ropa de algodón y dejarla así durante tres	Añadir 100 ml de jabón. Mezclar bien. Asperjar en las plantas infestadas.	Áfidos Escarabajos Larvas Escarabajo japonés Chicharritas Saltamontes Fulgoromorfos Cochinillas Caracoles Trips Gorgojos Mosca blanca	(Sridhar y Vijayalakshmi, 2002)

Materiales	Método de preparación	Como usarlo	Plagas que ataca	Referencia
(10-12 kg de hojas de neem son necesarias para 0.4 ha).	días. Cuele para obtener un extracto claro.			
<b>Extracto de semillas de neem</b>  3-5 kg de semillas de neem Mortero Ropa de algodón usada Olla Jabón Colador Cadena	Moler las semillas y ponerlas en la olla. Agregar 10 litros de agua. Cierre la olla de manera segura con la ropa de algodón y déjela reposar por tres días. Cuele para obtener un extracto claro.	Diluya un litro de ese extracto con 9 litros de agua. Agregue 100 ml de jabón. Mezcle bien. Asperje en las plantas infestadas.	Áfidos Escarabajos. Chinchas Saltamontes Moscas Chicharritas Mariposas nocturnas. Nemátodos Fulgoromorfos Cochinilla Caracoles Trips Gorgojos Mosca blanca	(Sridhar y Vijayalakshmi, 2002)
<b>Extracto en polvo de semilla de neem</b>  Semillas maduras y secas de neem. Mortero. Vasija y balde. Bolsa de muselina Colador Jabón (5 ml/10 l de agua) Agua	Remover la testa de las semillas. En seguida, molerlas de modo que no se pierda aceite. Colocar la cantidad deseada de polvo en un balde con agua. Mezcle bien por unos 10 minutos. Deje reposar por al menos 6 horas, pero	Asperje en las plantas infestadas profundamente.  Asperje temprano en la mañana o al final de la tarde.	Gusano del algodón (gusano del maíz) Áfidos Escarabajos Oruga cortadora Palomilla dorso diamante. Palomilla de maíz Saltamontes Escarabajo japonés Minador Fulgoromorfos Catarinas Mosca blanca	(Singh y Singh, 2000)

Materiales	Método de preparación	Como usarlo	Plagas que ataca	Referencia
	<p>menos de 16. Mezcle nuevamente por 10 minutos. Cuele, agregue el jabón y mezcle nuevamente.</p>			
<p><b>Suspensión en agua de aceite de neem</b></p> <p>5 kg de semillas molidas finamente. 500 ml de agua caliente Jabón Balde</p>	<p>Colocar las semillas molidas en el balde y agregar agua caliente (solo la que sea necesaria para poder amasar la semilla molida)</p> <p>Presione la mezcla para obtener el aceite.</p> <p>Aproximadamente entre 650 y 750 ml de aceite son extraídos por este método.</p>	<p>Ver Tabla 2 para relaciones de agua y aceite recomendable.</p> <p>Tome la cantidad deseada de aceite y mezcle con jabón antes de agregar el agua. Mezcle profundamente para evitar la separación del aceite.</p> <p>Asperjar en las plantas infestadas.</p>	<p>Áfidos <i>Nilaparvata lugens</i> Catarinas Chicharritas Palomilla de la patata Psilidos Chinches Mosca blanca <i>Hydrellia philippine</i></p>	<p>(Singh y Singh, 2000)</p>
<p><b>Extracto de cebolla (1)</b></p> <p>85 gramos de cebolla molida 50 ml de aceite mineral (querosén) 10 ml de jabón 450 ml de agua Colador Recipiente contenedor</p>	<p>Añada la cebolla molida a la querosén. Dejar reposar por 24 horas. Agregar agua y jabón y guardar en recipiente.</p>	<p>Diluya una parte de emulsión con 19 partes de agua. Agite bien antes de usar. Asperje sobre las plantas infestadas, de preferencia muy temprano, por la mañana.</p>	<p>Moscas blancas.</p>	<p>(Vijayalakshmi, et.al. 1999)</p>

<b>Materiales</b>	<b>Método de preparación</b>	<b>Como usarlo</b>	<b>Plagas que ataca</b>	<b>Referencia</b>
<b>Extracto de cebolla (2)</b> 1 kg de cebolla 1 litro de agua Cacerola Balde Colador	En una olla, ponga a hervir el litro de agua y coloque la cebolla cortada; después ponga en un contenedor cubierto. Deje reposar por 24 horas.	Diluya un litro del extracto con 10 litros de agua. Asperje profundamente en las plantas infestadas, preferiblemente temprano en la mañana o la final de la tarde.	Hormigas Chinchas Araña roja Trips	(Stoll, 2000)
<b>Extracto de cebolla (3)</b> 50 g de cebolla 1 litro de agua destilada Recipiente Colador	Pique finamente la cebolla. Agregue agua. Mezclar bien. Colar.	Asperjar profundamente a las plantas infestadas, preferiblemente temprano en la mañana o al final de la tarde.	Alternaria Fusarium	(Stoll, 2000)
<b>Extracto de zacate limón</b> 50 g de zacate limón molido 2 litros de agua	Dejar remojar el zacate limón en el agua por varias horas. Colar.	Asperje en lechuga, tomate y zanahoria.	Bactericida(Stoll, 2000)	(Stoll, 2000)