

ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS CON PROPIEDADES FITOINSECTICIDAS

Conferencia dictada en el V Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Santa Marta. Mayo 28-30, 1997.

Rodrigo A. Vergara Ruiz, I.A., M.Sc. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A. Aéreo 1779, Medellín.

Carlos Escobar Soto, I.A., M.Sc. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A. Aéreo 1779, Medellín.

INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos en Colombia enfrenta diversas dificultades. Factores bióticos y abióticos influyen en la productividad de los agroecosistemas. Los organismos nocivos se constituyen en los principales competidores y disminuyen el rendimiento de las cosechas. Desde hace varias décadas los agricultores han acudido al empleo de plaguicidas, pero desafortunadamente los resultados no son los deseados. Los agrotóxicos están directamente relacionados con problemas tales como: Resistencia de insectos, hongos y malezas a plaguicidas; reducción de especies animales benéficas (polinizadores, parasitoides y predadores); residuos de sustancias tóxicas en suelos, aires y aguas, además de su presencia nociva en los alimentos de origen vegetal y animal; estos productos generan intoxicaciones e incrementan los costos de producción.

En la búsqueda de soluciones tanto económicas como ecológicas, los ex-

tractos de plantas están siendo utilizados para el control de plagas. Estas sustancias fueron usadas inicialmente por el hombre con resultados sobresalientes. Pero los productos sintéticos se impusieron y fue así como los extractos de nicotina, piretro, anabasina y otros más desaparecieron por cierto tiempo de los mercados. Hoy en día se tiene un auge inusitado de bioplaguicidas de origen vegetal. Colombia gracias a su inmensa biodiversidad botánica tiene un potencial incalculable de plantas con propiedades no sólo insecticidas, sino además fungicidas, molusquicidas, acaricidas y otros de gran valor para sustituir productos químicos.

La posibilidad de disponer de bioplaguicidas de origen botánico es hoy una realidad. Estos productos naturales provenientes de plantas están ubicados dentro de los denominados "metabolitos secundarios" entre los cuales pueden mencionarse alcaloides, terpenos, fenoles, cumarinas y otros más, que se cree pueden ser del orden de miles de

ellos. Debido a que presentan actividad biológica sobre diversos organismos es necesario estudiar al detalle su comportamiento para no incurrir en errores lamentables.

Los insectos han estado estrechamente relacionados con las plantas durante procesos evolutivos que han tomado centenares de millones de años y la gran mayoría de las adaptaciones metabólicas y morfológicas han sido consecuencia de esta coevolución que en condiciones naturales se suma en una compleja "ecología química", responsable en última instancia del equilibrio biológico entre las poblaciones y comunidades. La importancia ecológica que representa el empleo de extractos de plantas (E.P.) para el control de artrópodos plagas y otros organismos nocivos a la producción agropecuaria se ha dimensionado en los últimos años en todo el mundo. Durante los últimos 50 años, se han reportado más de 2.000 especies de plantas que contienen principios tóxicos efectivos contra muchas especies de insectos, pero varias de estas plantas son poco promisorias como fuente de insecticidas con posibilidades comerciales.

Buscando entregar a los productores y técnicos una información útil sobre los extractos fitoinsecticidas, se presenta en este documento un panorama general sobre el particular, con aportes de estudios hechos en el país.

RELACIONES PLANTA-INSECTO Y LOS COMPUESTOS NATURALES

Los científicos aún continúan profundizando en el análisis de las relaciones entre insectos y plantas. Desde estudios sobre su desarrollo en el tiempo hasta profundos análisis bioquímicos. Las plantas como productores primarios y los insectos como herbívoros consumidores, sustentan interacciones en las cuales los denominados metabolitos secundarios, son responsables de la dinámica en esta comunicación.

Las interacciones químicas entre organismos son el fundamento para explicar las relaciones entre insectos-plagas y plantas. Estas producen toxinas perjudiciales al insecto en el proceso alimenticio o compuestos complejos que perturban el ciclo de crecimiento o su capacidad para digerir la planta. Los insectos han desarrollado mecanismos de adaptación a estas situaciones, generando respuestas químicas propias. Convierten sustancias potencialmente perjudiciales de las plantas en fuentes nutritivas o de protección contra insectívoros. Rosenthal (1986) plantea que estas interacciones y sus implicaciones constituyen la base de la ecología química.

Hasta hace unos años a los llamados "productos naturales" o metabolitos secundarios, siempre se les había asignado una importancia accesoria dentro de las sustancias

producidas por los vegetales. Al no intervenir en forma directa en las funciones metabólicas primarias, se les consideró equivocadamente como productos de desecho del metabolismo primario (Correa, 1994). Pero ya se ha logrado demostrar que estos compuestos tienen influencia sobre las relaciones entre animales herbívoros y luego se constató que estos metabolitos intervenían activamente en la relación insecto-planta.

En los metabolitos secundarios se presentan varias clases que tienen efectos diferentes en los insectos. Algunos actúan como disuasores de actividades en los insectos reduciendo así la posibilidad de obtener proteínas en su proceso alimenticio; así mismo compuestos fenólicos, quinonas, alcaloides, terpenoides, glucosinolatos y glicósidos cianogénicos revisten importancia disuasora en las relaciones planta-insecto. Pero hay cuatro grupos de metabolitos secundarios de mayor importancia y ellos son: ácidos amino no protéinicos, ecdisonas, inhibidores de proteasas y lectinas. La forma como actúan estos compuestos sobre grupos de insectos es variable.

Durante los procesos de co-evolución de plantas e insectos, las plantas han biosintetizado un gran número de metabolitos secundarios como defensas químicas contra el ataque de los insectos. La comprensión de estos procesos co-evolutivos por químicos y biólogos, ha perfilado una nueva estrategia

orientada al uso y manejo de estas defensas químicas de las plantas contra los insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Hoy se conoce que las plantas constituyen una fuente inagotable de sustancias químicas con poderes diferentes. Aparentemente unos 10.000 metabolitos secundarios han sido plenamente identificados, pero se considera que su número excede los 400.000 (Swain, 1977). Los metabolitos secundarios se han clasificado en Fenil propanos, Aceto Quinonas, Isoprenoides, Alcaloides, Pigmentos Pirrólicos y Glicosidos Cianogénicos. En estos grupos se ubican sustancias tales como: ácidos cinámicos; coumarinas, quinonas, benzoferonas, antronas-diantrinas, flavonoides, rotenoides, betalainas, terpenoides y quinolinicos entre otros, pero no todos con propiedades insecticidas.

Las relaciones entre las plantas e insectos son bien complejas. En ellas los compuestos naturales participan de manera activa. Las plantas se benefician al ser de limitada digestibilidad o de contener sustancias tóxicas o de la combinación de estas características. La capacidad de las plantas para sobrevivir en un mundo de consumidores herbívoros depende de su habilidad en tiempo y espacio para eludirlos y de su capacidad de asimilar carbono y nutrientes necesarios para sintetizar defensas. De este modo los insectos requieren más que adaptaciones y fuerzas mecánicas para eliminar las defensas de

las plantas. Acuden a sus simbiosis microbiales, a las adaptaciones sensoriales para seleccionar alimentos, a los sistemas de oxidasas de función mixta o al empleo simultáneo de estas estrategias.

SUSTANCIAS DE ORIGEN VEGETAL Y LAS PLAGAS

Aparentemente cada especie vegetal ha desarrollado un complejo de sustancias químicas que la identifica. Este grupo puede defenderla contra sus depredadores naturales. Si se mira al reino vegetal en forma total se podrá encontrar allí una incalculable fuente de principios activos que ejercen cualquier cantidad de funciones biológicas. Varios de estos compuestos tienen modos de acción novedosos, que minimizan los riesgos de resistencia de las plagas. No es una equivocación el afirmar que el reino vegetal es una fuente inagotable de sustancias que ofrezcan actividad biológica sobre las plagas. Se acepta que se han descrito unas 400.000 especies de plantas y en todas ellas se encuentran compuestos químicos que exhiben actividades sobre los herbívoros.

Los registros sobre plantas con propiedades insecticidas que se constituyen en fuentes de extractos son abundantes. Grainge *et al* (1985) presentan en una base de datos aproximadamente 1.600 plantas que poseen propiedades

para el control de plagas y entre 200 y 300 especies adicionales que se sospecha poseen tales condiciones. Para cada especie le han registrado: características de la planta (ciclo de vida, hábito, clima, suelos); necesidades de manejo (fertilización, agua, labores, área de crecimiento); ingrediente activo (tipo de actividad; partes de la planta utilizados; tiempo de vida efectivo); aplicación de los extractos y preparación de los mismos; impacto medioambiental y valor económico (usos complementarios).

En uno de los textos clásicos de mayor difusión a nivel internacional Stoll (1989) hace una descripción detallada sobre 17 especies de plantas con propiedades insecticidas, ubicándolas en 10 familias botánicas y presentando sobre cada una generalidades, espectro de acción, observaciones, plagas afectadas y forma de preparación y aplicación de los extractos. Complementa este listado con la mención de otras 12 especies de las cuales resume su distribución geográfica, la parte empleada, el efecto, las plagas controladas, además de la preparación y aplicaciones, para el caso de los cultivos de campo. Este autor sugiere que en el almacenamiento las plagas pueden controlarse con extractos de plantas y es así como menciona otras 10 especies para tal fin.

Secoy y Smith (1983), reportan 677 especies vegetales ubicadas en 99 familias de gimnospermas, angiospermas, helechos, hongos, lique-

nes y algas, que presentan actividad repelente, disuasora o insecticida. Las sustancias activas presentan su efecto sobre gran cantidad de especies insectiles, aunque solo reportan los nombres comunes de grupos de insectos: chinches, ácaros, insectos de granos almacenados, mosquitos, cucarrones, parásitos de vertebrados, termitas, etc., son algunos de los nombres comunes anotados. La sustancia o sustancias activas han sido encontradas en diferentes partes de las plantas: hojas, flores, corteza, raíces y semillas.

Sobre las especies botánicas más promisorias para la obtención de bioplaguicidas Jacobson (1989) señala que ellas se encuentran en las familias: Mellaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiatae, Canellaceae y Malvaceae. De todas estas familias en Colombia hay un buen número de plantas dispersas por toda la geografía, las cuales se deberían aprovechar.

GRUPOS DE FITOCOMPUESTOS: ESTRUCTURA Y ACTIVIDAD

Los productos vegetales con potenciales activos para ser usados en el control de plagas, presentan diversas formas de acción y pueden ubicarse en diferentes grupos estructurales. En trece grupos, clasifica Devaraj (1993) los fitocompuestos: bases vegetales (aminas, purinas y alcaloides); glucósidos; saponinas;

aceites (fijadores y esenciales); resinas; ácidos orgánicos; proteínas tóxicas; taninos; principios amargos y otros compuestos. Para Correa (1994) los productos vegetales que exhiben propiedades contra insectos pueden agruparse en: aminoácidos no proteicos; hormonas de insectos; taninos, triterpenos y limonoides; glicósidos cardiotóxicos; glucosinolatos, glicósidos cianogénicos; fenolglucosidos, benzoxazinonas; sesquiterpeclactonas, alcaloides esteroidales y acetogeninas. A continuación se presenta una breve descripción sobre algunas de ellas:

SUSTANCIAS INSECTICIDAS

Se cree que el primer producto usado como insecticida vegetal fue el tabaco molido, mezclado con agua y cal, en 1763; en 1809 se aisló su principio activo, en 1828 se conoció que era un alcaloide y en 1904 fue sintetizado por Pictet y Rötachy (Barberá, 1967; Vela, 1991). Para principios del siglo XIX se recomendaba el uso del piretro para eliminar piojos y pulgas, muy populares en el mundo a partir de 1890. Este producto, extraído de flores de *Chrysanthemum*, presenta cuatro ésteres, a saber: Piretrinas I y II y cinerinas I y II. Para 1848 ya se usaba la Rotenona contra comedores de follaje del orden Lepidóptera y en 1902 se aisló su principio activo, el cual se obtiene especialmente de plantas de los géneros *Lonchocarpus* y *Derris*: A partir de

esta época los insecticidas de origen vegetal lograron su plena vigencia la cual perdieron a partir de la producción de los insecticidas inorgánicos y órgano-sintéticos (Barberá, 1967; Hildebrand, 1991).

En Canadá se considera que *Melanoplus sanguinipes* (F.) (Orthoptera: Acrididae) es la principal plaga de esta familia y sus migraciones ocasionan serios problemas económicos a los cultivadores. Westcott, Hinks y Olfert (1992) estudiaron los efectos que 22 compuestos secundarios obtenidos de varias plantas adicionados a dieta seca tenían sobre el peso promedio y la sobrevivencia de las ninfas de esta plaga. Los compuestos investigados fueron obtenidos de varias especies de plantas. Los resultados demostraron que la saponina reduce la sobrevivencia; que los ácidos Oleanólico y Chlorogénico así como la Spartina disminuyen el peso promedio de las ninfas y que la Gramina, Harmalina, Harmana, Hordenina, Scopoletina y Flavonoide reducen significativamente el peso y la sobrevivencia de las ninfas de *M. sanguinipes*.

Para el control de colonias de *Macrostaphum euphorbiae* en papa *Solanum tuberosum*, Reis, Barros, González y Ferreira (1994) utilizaron los alcaloides Quinina, Saponina y Solanina los cuales son sintetizados por el metabolismo secundario de muchas plantas. Varias concentraciones de los alcaloides y un extracto de *Solanum granulatum leprosum* se adicionaron a

una dieta con el objetivo de verificar su efecto sobre pulgones y el crustáceo *Artemia salina*. Estos autores hallaron que los alcaloides presentan efectos de toxicidad y repelencia y además que los mejores resultados se encontraron con Solanina 500 ppm y Saponina al 1%.

SUSTANCIAS MORFOGÉNICAS

Las hormonas juveniles (JH) más importantes que se han extraído de plantas son el farnesol y la juvalbiona. Parece que los insectos biosintetizan JH I, II y III del farnesol; de los cuales JH I y II controlan la metamorfosis en lepidópteros, mientras JH II actúa como gonadotrópico en el mismo grupo de insectos. El desarrollo de análogos de estos productos ha logrado sustancias muy buenas como el metoprene y el kinoprene (metoprene es 2430 veces más activo que la hormona juvenil natural de los insectos). El mayor inconveniente de estos agentes morfogénicos es que ellos son activos especialmente sobre adultos, pero en agricultura la mayoría de los daños son causados por los estados inmaduros. Estos productos han sido especialmente útiles contra insectos de granos almacenados y en control de mosquitos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Camps (1988), reporta que con una ligera actividad juvenilizadora se han encontrado dos componentes en el aceite de *Sesamum indicum*, el Sesamin y el Sesamolín, que en

ocasiones se usan como sinérgicos de insecticidas convencionales. También se comportan de igual manera el ácido tújico aislado del cedro rojo *Thuja plicata*; el ácido esturcúlico presente en la *Sterculia foetida*; la tagetona común en *Tagetes minuta*; la ostruthina aislada de la *Imperatoria ostroruthium*; el ácido abscísico omnipresente en plantas; la equinolona identificada en raíces de *Echinacea angustifolia*; diversos derivados del bakuquiol extraídos de las semillas de *Psoralea corylifolia*; el juvadeceno descubierto en las raíces de *Macropiper excelsum* y los juvocinenos I y II encontrados en el aceite destilado de *Ocimum basilicum*.

ANTAGÓNICOS DE LAS HORMONAS JUVENILES (H.J.)

Las hormonas juveniles o sus análogos interfieren efectivamente en el desarrollo del insecto solo en el último estado larval, con lo cual no se pueden evitar los daños de los primeros instares. Con antagónicos de la H.J., explica Campas (1988) se podría bloquear la acción de la H.J., en todos los estadios, lo cual ocasionaría una metamorfosis precoz en larvas jóvenes con la aparición de pequeños adultoides difícilmente variables y la esterilización en los adultos, al interrumpirse la vitelogenénesis. El descubrimiento de precoceno I y II, los primeros anti-JH extraídos de *Ageratum conyzoides* en 1976 generó gran expectativa.

Sin embargo, estos compuestos y sus análogos sintéticos como precoceno III (5 veces más activo que precoceno II) solo ha resultado activo sobre pocas especies de insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Los precocenos por contacto, ingestión o inhalación inducen metamorfosis precoz en larvas, esterilizan hembras adultas, inducen diapausa en ciertas especies, interrumpen la embriogénesis e inhiben la producción de la feromona sexual; pero en la aplicación de la H.J., se corrigen estos efectos lo cual sugiere que la actividad observada era debido a la ausencia de la H.J., más bien que una inhibición a nivel de receptor. Los precocenos destruyen las glándulas productoras de la H.J. Los corpora allata, presumiblemente por una previa transformación en un epóxido intermedio sumamente reactivo que actúa como agente citotóxico alquilante.

Un estudio clásico sobre la actividad insecticida de compuestos de plantas, es el que realizaron Farrar y Kennedy (1987) con larvas de *Heliothis zea* (Boddie) y *Manduca sexta* (L) criadas en dietas artificiales. Ellos agregaron la sustancia 2-Undecanone un compuesto presente en tricomas glandulares de *Lycopersicon hirsutum* L, *L. glabratum* C.H. Mull, a la dieta; encontrando que la mortalidad de *H. zea* se incrementaba en las primeras 48 horas, cuando 2-Undecanone se combinaba con 2-Tridecanone y además se ocasionaba deformidad

y mortalidad de pupas de *H. zea*. Sobre *M. sexta* no se encontraron efectos significativos.

De una sola planta, *Alchornea triplimeria* Poepp & Endl. (Euphorbiaceae) se aislaron seis compuestos a saber: ácido antranílico, ácido gentísico; ácido seneciólico; Cinnamaldehído y ácido Cinnámico; los cuales se ensayaron contra *Manduca sexta* y *Anthonomus grandis* Boheman, encontrándose por Miles, Hankinson y Randle (1985).

SUSTANCIAS ECDISONAS

En extractos de plantas se han encontrado estructuras idénticas o similares a las ecdisonas, que exhiben una actividad inductora de la muda. Camps (1988) las denomina FITOECDISTEROIDES y menciona los registros de varios investigadores que han aislado: la ponasterona A, un esteroide polihidroxilado de *Podocarpus nakaii*; 20-hidroxiectidisona en las hojas de *Taxus baccata* y en los rizomas del helecho *Polypodium vulgare*. En cerca de 111 familias de plantas se han descrito 69 fitoecdisteroides. Estas sustancias actúan iniciando los ciclos de ecdisis propios de la secuencia de desarrollo en las especies insectiles que presentan este fenómeno. Rosenthal (1986) explica los trabajos de Butenandt y Plack para obtener la ecdisona y la 20-hidroxiectidisona del *Bombyx mori* y como posteriormente Nakanishi y Takemoto obtenían del helecho *Polypodium vulgare* la 20-hi-

droxiectidisona, lo cual impulsó la búsqueda de los ecdisteroides en plantas. Esta es la hormona de la muda, el fitoecdisteroide más abundante en plantas.

Rosenthal (1986) detalla como Kubo *et al* confirmaron que las fitoecdisonas actuaban como poderosos agentes protectores al perturbar los ciclos de crecimiento de los insectos que depredan plantas productoras de las mismas. Esto fue comprobado con extractos de *Ajuga remota* que utilizado para alimentar *Spodoptera frugiperda* produjo una extraordinaria aberración del desarrollo: en la metamorfosis de larva a pupa el insecto no produce una sino varias cápsulas cefálicas. Estas cápsulas múltiples obliteraban las piezas bucales y el insecto muere por hambre.

SUSTANCIAS ANTI-ECDISONAS

Algunos productos que inhiben la muda han sido aislados de plantas. Ellos son: Ajugalactona de *Ajuga procumbens* y Azadirachtin y Salannin de *Azadirachta indica*. La Ajugalactona es activa contra algunos insectos que atacan granos almacenados y su estudio ha permitido conseguir productos sintéticos con buena actividad anti-MH. Camps (1988) menciona esta acción de la ponasterona A que inhibe la ecdisis de larvas de *Hyalophora cecropia*, *Tribolium confusum*, *Pectinophora gossypiella* y de *Acrolepiopsis ussectella*; aparentemente este efecto es debido a la resistencia

de este fitoecdisteroide a los mecanismos de metabolismo del insecto y a su interacción con los receptores de la hormona.

Camps (1988) relata que un producto natural que inhibe la ecdisis en cuatro especies de lepidópteros plagas agrícolas es la plumbagina, que es una Naftoquinona aislada de las raíces del arbusto *Plumbago capensis*, con solo 400 ppm se logró entre el 90 al 100% de mortalidad de *Pectinophora gossypiella* y con 1400 ppm se obtuvo la misma mortalidad para *Heliothis virescens*, *Heliothis zea* y *Trichoplusia ni*. Otro compuesto natural que inhibe la ecdisis de insectos por algún mecanismo no explicado es la azadiractina, aislada de semillas de *Azadirachta indica* y de los frutos de *Melia azederach*.

ANTIALIMENTARIOS

Algunas plantas contienen potentes antialimentarios como son Warburginol (*Warburgia ugandensis*), azadiractina y salannina (Neem). Muchas lactonas sesquiterpenos, aisladas de Asteraceas y alcaloides como tomatina (tomate), capsaicina (ají), solanina (tomate), cafeína (café), teofilina (te) y quinina (cinchona) son algunos de los muchos antialimentarios conocidos. De todos estos, parece ser que solo azadiractina y salannina han mostrado un buen potencial sobre muchas especies de insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Rama (1993) relata que algunos compuestos como neem, piretro, y otros inhiben la alimentación de los insectos cuando se aplican sobre el follaje de sus plantas hospedantes. Otros como florizin, leptina, tomatina, solanina, aminoácidos no esenciales, taninos, lignanos, etc. presentes en algunas plantas, actúan como antialimentarios. Azadiractina es supresora del apetito en acrididos y larvas de algunos lepidópteros.

SUSTANCIAS CON ACTIVIDADES VARIAS

Los avances investigativos sobre extractos de plantas han logrado demostrar que en algunas de ellas los compuestos naturales tienen diferentes actividades. Es así como se han precisado: inhibición del crecimiento de los insectos, al actuar sobre el sistema endocrino (presentes en Meliaceae, coníferas; tamarindo, guayabo, mango, roble y helechos entre otras); acción repelente (como terpenos, quinonas, fenoles, aceites esenciales de citronela, etc); atrayentes (isotiocinatos, azúcares, melazas, fenilacetaldehído, geraniol, eugenol, etc); quimio-esterilizantes (aceites esenciales de eucalipto, anís, clavo, limoncillo, neem, etc); y otros extractos que pueden tener propiedades solventes, humectantes, emulsificantes, sinérgicos y actuar como portadores.

EMPLEO DE EXTRACTOS FITOINSECTICIDAS

Los propósitos de una agricultura sostenible tienen en los extractos de plantas un excelente aporte para el manejo integrado de plagas (MIP). Las características de ser biodegradables y por lo tanto no acumularse en las cadenas tróficas, además de ser de fácil consecución y empleo; representan para estos productos ventajas insuperables.

El género *Spodoptera* ha sido investigado para su control con extractos de plantas en muchos países. En Kenya, Kubo y colaboradores (1976) emplearon las especies *Warburgia stuhlmannii* L. y *W. ugandensis* L., dos plantas de la familia Canellaceae encontrando que los extractos de la corteza poseen acción antialimentaria contra *Spodoptera littoralis* (G.) y *S. exempta* (Guenee). Los compuestos aislados fueron Poligodol, Ugandensidial y Wuarburgonol. En Filipinas han enfocado la investigación sobre extractos hacia aquellas plantas que permitan suprimir aplicaciones de plaguicidas sintéticos. Lorica (1994) explica cómo los científicos del Departamento de Entomología de la Universidad de Filipinas han realizado la extracción, aislamiento, caracterización y bioensayo de los principios activos de las plantas: *Tinospora rumphii* Boerl; *Tagetes* spp. y *Capsicum frutescens* L.; en promedio estos extractos han reducido de 2 a 4 aplicaciones con-

tra unas 8 especies de insectos, nemátodos y hongos.

El girasol *Helianthus annuus* L. es una planta que ofrece excelentes posibilidades para obtener extractos con propiedades diferentes contra especies insectiles, Potenza, Rossi y Calafiori (1987), determinaron que extractos de esta planta tenían sobre *Empoasca kraemeri* Ross-Moore y *Diabrotica speciosa* Germar, una acción de repelencia. Extractos de follaje del árbol *Ginkgo biloba* L. incorporados a una dieta de agar-azúcar, con la cual se adelantaban crías de *Pieris brassicae* y *Pieris rapae*, demostraron contener sustancias con acción antialimentaria, lo cual permite emplear este árbol para obtener sustancias tóxicas contra las plagas mencionadas (Fu-Shun et al, 1990). En un interesante trabajo Renwick y Radke (1985) precisaron que los extractos de *Brassica oleracea* L. aplicados sobre cultivos de esta misma crucifera inhibían la oviposición de *P. rapae*.

Es interesante destacar los aportes de Carvalho y Castro (1987) quienes ensayaron sustancias obtenidas de la raíz de *Tephrosia toxicaria* L de las semillas de *T. toxicaria*; del tallo de *T. tumicata* M. raíces de *T. condida*, Koll, hojas de *Melia azedarach* L, hojas de *Daptura* sp y además pulpa del fruto de *Melia azedarach* L con el objetivo de controlar la plaga del frijol *Diabrotica speciosa* Germar. Los resultados demostraron que evidentemente los extractos reducían el consumo de follaje e incre-

mentaban la mortalidad de la plaga. Así mismo una investigación de Farrar y Kennedy (1987) empleando larvas de *Heliothis zea* (Boddies y *Manduca sexta* (L) criadas en dietas artificiales, y agregando la sustancia 2-Undecanone un compuesto presente en tricomas glandulares de *Lycopersicon hirsutum* L.; *L. glabratum* C.H. Mull, a la dieta, resaltó que la mortalidad de *H. zea* se incrementaba en las primeras 48 horas cuando 2-Undecanone se combinaba con 2-Tridecanone y además se ocasionaba deformidad y mortalidad de pupas de *H. zea*. Sobre *M. sexta* no se encontraron efectos significativos.

Las especies pertenecientes al género *Spodoptera* por su carácter polífago se han constituido en un serio problema en diversos países del mundo, de ahí que la búsqueda de soluciones de control se hallan extendido a la acción de los compuestos metabólicos de las plantas. Bleecker y Romeo (1981) han investigado diferentes compuestos químicos presente y relacionados con la familia Mimosaceae y el género *Calliandra* spp. Han comprobado seis patrones diferentes de distribución química y en pruebas de laboratorio sobre insectos fitófagos se halló una alta actividad insecticida de parte de varios compuestos. En concentraciones equivalentes a las de las plantas inhiben seriamente la supervivencia, el desarrollo y la metamorfosis de los insectos bajo ensayos. En cuanto a la actividad insecticida sobre *Spodoptera frugiperda*, estos autores a partir

de *Calliandra* obtuvieron seis aminoácidos de las hojas y al investigar sus efectos encontraron resultados negativos sobre crecimiento y metamorfosis de la especie insectil, a concentraciones de 0.1 a 0.5% involucrados a la dieta total.

Intentando la obtención de sustancias de plantas con efectos promisorios contra *Spodoptera frugiperda*, Martínez, Lagunes y Domínguez (1984) probaron infusiones y macedos acuosos de plantas medicinales a una concentración del 5%, con las cuales se contamina dieta artificial, donde se colocaron larvas del primer instar de esta plaga. Se tomaron como base dos parámetros: el porcentaje de mortalidad y disminución del peso de la larva, en el primer caso se considera una planta prometedoras la que da un porcentaje de mortalidad igual o mayor al 40% para el segundo caso, el peso de la larva debe ser menor o igual al 50% de peso del testigo. De un total de 79 plantas probadas de 44 familias, cuatro plantas resultaron prometedoras; *Hippocratea* sp; *Smilax aristolochiaefolia*, *S. moranense* y *Sweetenia humilis*.

El listado de plantas estudiadas para obtener extractos contra *Spodoptera frugiperda* es extenso. En U.S.A. de la planta Meliaceae *Carpaea procera* L., se obtuvo por parte de Mikolajczak y su grupo de investigadores (1988) un extracto limonide el cual tiene efectos antialimentarios sobre *S. frugiperda*. De igual manera en Bélgica, Hubrecht y colaboradores (1989) también

han adelantado investigaciones para el control de *S. frugiperda* con extractos de plantas, ensayando 9 saponinas obtenidas de las especies *Securidaca longipedunculata*, *Hovenia dulcis* y *Blighia welwitschi* con resultados promisorios insecticidas.

Es muy importante verificar la acción de los extractos no sólo a nivel de laboratorio, sino además en el campo y es así como Villar *et al* (1990) tomaron como plaga indicadora *Spodoptera frugiperda*; y evaluaron infusiones y extractos acuosos de *Hippocratea* sp *Ricinus communis* L., *Trichilia havanensis* y *T. americana*; después de las aplicaciones de los productos encontraron que los extractos tanto de *Trichilia havanensis* como *Trichilia americana* al 10% dieron con dos aplicaciones por semana a partir de los 37 días la mayor protección del cultivo empleado o sea, maíz.

Un extracto de las semillas de la planta *Sandoricum koetjape*, demostró poseer dos sustancias limonoides a saber Sandoricina y G-hidroxysandoricina. Al incorporarlos a las dietas de *S. frugiperda* y *Ostrinia nubilalis* Fabricius las larvas se vieron afectadas en su crecimiento y desarrollo. Cuando se emplearon dosis altas se incrementó la mortalidad, tal como lo informan Powell *et al* (1991).

ESTUDIOS CON FITOINSECTICIDAS EN COLOMBIA

Es satisfactorio conocer que en el país se encuentran investigando sobre extractos de plantas personas y entidades. En algunas universidades existen grupos de trabajo que han entregado aportes para la solución de problemas con diversas plagas. Inclusive se están empleando productos ya comercializados, en varios cultivos. Productores de hortalizas, flores y frutales están aplicando ya estas sustancias, consiguiendo excelentes resultados en el control de varias especies insectiles.

Buscando alternativas para el control de *Spodoptera frugiperda*, Cuadros y Vergara (1993), emplearon extractos alcohólicos y acuosos de las flores de *Calliandra medellinensis* Brett et Rose y *C. pittleri* Stanl, en dosis de 100, 1000 y 10000 ppm. Las dosis letales obtenidas oscilaron alrededor de 3.000 ppm, con resultados de mortalidad superiores al 70%. Los extractos aplicados fueron efectivos sobre larvas de segundo instar, mediante acción de ingestión.

En Colombia, Moreno, Arango y González (1994), utilizando extractos etéreos y alcohólicos de las especies *Hyeronima moritziana* (Euphorbiaceae) y *Duranta mutissil* (Verbenaceae) investigaron los efectos de contacto e ingestión con larvas de *S. sunnia* (Lepidoptera: Noctuidae); criadas en laboratorio,

para ello utilizaron un gramo de dieta mezclada homogéneamente con las soluciones en prueba, obteniendo en los resultados preliminares una alta mortalidad, observándose efectos en los procesos de muda y toxicidad en las larvas que ingirieron la dieta.

Las propiedades insecticidas de cuatro especies de plantas de común ocurrencia en zonas maiceras de Antioquia a saber: artemisa *Ambrosia artemisiifolia* L; llantén *Plantago major* L; pronto alivio *Lantana canescens* L y romero *Rosmarinus officinalis* L, fueron evaluadas por Colónia, Gómez y Vergara (1995), contra *Spodoptera frugiperda*. Los mejores resultados de control se obtuvieron con llantén, prontoalivio y artemisa.

En crucíferas, pero en especial en repollo, existe un complejo de comedores de follaje que ocasiona grandes pérdidas. Está conformado por: *Plutella xylostella* (L.); *Lepidophobla arpa* Boisduval y *Ascia monuste* (L.). Benitez y Vergara (1995) utilizaron extractos acuosos y etanolicos de las plantas. *Ruta graveolens* L, *Calendula officinales* L, *Rosmarinus officinalis* L y *Menta viridis* L en dosis de 5.000 ppm. Los mejores resultados de control se obtuvieron con *Calendula*, *Menta* y *Ruta*, en extractos etanolicos.

Realizando inmersión de tubérculos de papa durante cinco minutos, en extractos etanolicos de: *Eucalyptus globulus*, *Barbertis carupensis*, *Jaborosa magellanica*, *Hyerontma macrocarpa* y *Valeriana carnososa*,

Bejarano, Luque y Moreno (1996), adelantaron estudios para el control de *Tectia solanivora* Povolny. Hallaron que los extractos de *Barbertis* y *Jaborosa*, presentaron los mejores resultados de control de la polilla guatemalteca.

En evaluaciones sobre efectividad de extractos de *Ryania spectosa* Valh, *Piper auritium* HBK y *P. grandis* H.B.K, para el control de la chinche de los pastos *Collaria* spp (Hemiptera-Miridae); se emplearon ocho concentraciones diferentes y la mortalidad se cuantificó a los 1, 3 y 5 días. Los mejores resultados se obtuvieron con extractos de *Ryania spectosa* y *P. grandis*, con mortalidades del 70.1% y 59.1% (Atehortúa, Acevedo y Madrigal, 1996).

Los extractos de *Melia azederach* L, son una alternativa de control de *Spodoptera frugiperda*, de acuerdo con Vergara, Escobar y Galeano (1996), quienes con extractos de frutos y follaje con solventes alcohólico, acetónico y etéreo lograron mortalidades superiores al 70%. Las dosis letales oscilaron entre 1000 y 3000 ppm, con un efecto antialimentario. El extracto alcohólico resultó ser el más efectivo.

Sitophilus zeamais es una plaga de importancia en granos almacenados. Castro y Suárez (1996), utilizaron extractos en polvo para el control de este gorgojo. De las plantas que investigaron las más promisorias fueron: *Azadirachta indica*, *Smilax spinosa*, *Prunus cerasus*, *Euphorbia longan*, *Capsicum*-sp y *Sida acuta*, que provocaron morta-

lidades iguales al insecticida malathion.

Los extractos pueden exhibir diferentes efectos de acuerdo al insecto en el cual se empleen. Ensayos con extractos totales y fracciones de *Swinglea glutinosa* Merrill y *Machaertium moritzianum* Benth, demostraron efecto insecticida sobre *Alconeura* sp (Cicadellidae) y fago inhibidor sobre *Atta cephalotes* L. (Formicidae) (Morales y Madrigal, 1997).

NOTAS TERMINALES

Las especies vegetales promisorias con propiedades fitoinsecticidas, no constituyen una alternativa única para el control de plagas. Si se obtienen y emplean equivocadamente pueden ocasionar problemas. Es importante tener en cuenta que sobre estas sustancias se requiere:

- Difundir la máxima información que se puede obtener sobre insecticidas botánicos. Es importante acopiar documentación y hacerla conocer de técnicos y productores.
- Definir metodologías de trabajo con los extractos. La obtención puede hacerse de diversas maneras tanto en laboratorio como en campo. Es importante precisar procedimientos para obtener estas sustancias.
- El conocimiento de los ingredientes activos se necesita para la ob-

tención de licencias y definir formas de actividad de los extractos. La fitoquímica debe apoyar estos estudios:

- Las especies promisorias deben de estudiarse al detalle. Reunir información sobre ellas y darle a su producción un enfoque agroecológico.
- La quimiodinámica de los extractos puede ser un obstáculo para su empleo. El estudio de su comportamiento frente a factores físicos y biológicos es necesario.
- La producción comercial de extractos debe ser apoyada en el país. En el mercado mundial se dispone de decenas de estos productos. Es fundamental que en Colombia se avance en este sentido, afortunadamente hoy se expenden unas docenas de extractos vegetales.
- El manejo cuidadoso de estos productos en los programas de manejo integrado de plagas es una necesidad. La sustitución gradual de plaguicidas químicos por productos botánicos debe ser un objetivo de los productores y técnicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ATEHORTÚA, L; ACEVEDO, D.P. y MADRIGAL, A.** Evaluación de los extractos de *Ryanta speciosa* Valh, *Piper aurittium* HBK y *Piper grandis* en el control de la chinche de los pastos *Collaria* sp en condiciones de labo-

- ratorio. En: XXIII Congreso Socolen - Cartagena de Indias, 1996. p.64.
- AYYANGAR, N.R. and NAGASAMPAGI, B.A.** Role of botanicals in integrated pest management. En: Proc. Symp: Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry, 1990. pp. 54-61.
- BARBERA, Claudio.** Pesticidas Agrícolas. Barcelona: Omega, 1967. 330 p.
- BEJARANO, T.M.V; LUQUE, J.E. y MORENO, M.B.** Evaluación de extractos de plantas y productos biológicos para el control de la polilla de la papa *Tectia solanivora* Povolny (Lepidoptera-Gelechiidae), bajo condiciones de almacenamiento. En: XXIII Congreso Socolen - Cartagena de Indias, 1996. p.6.
- BENITEZ, Z.G.J. y VERGARA, R.R.** Estudios básicos sobre plantas medicinales con propiedades insecticidas contra *Leptophobia arpa* (B) (Lepidoptera-Pieridae), *Ascia monuste* (L.) (Lepidoptera-Pieridae) y *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera-Plutellidae), plagas de crucíferas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1995. 121p.
- BLEECKER, A.B.; ROMEO, J.J.** Phytochemistry: Vol.20 (1981); 1845p.
- CAMPS, F.** Relaciones planta-insecto. Insecticidas de origen vegetal. En: Insecticidas Biorracionales. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones, 1988. p. 69-85.
- CARVALHO, S.M.; CASTRO, B.R.R.** Efeito de plantas tóxicas no controle de vaquinha *Diabrotica spectosa* Germar en Laboratorio. An. 11a. Reuniao. NAC. Pesq. Feijao. Resumo No. 49. 1987 (sp).
- CASTRO, O.L.A. y SUÁREZ; G.H.** Evaluación de polvos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera-Curculionidae) en granos almacenados. En: XXIII Congreso Socolen - Cartagena de Indias, 1996. p.113.
- COLONIA, G.M.D.; GÓMEZ, G.R. y VERGARA, R.R.** Evaluación insecticida de cuatro extractos de plantas sobre el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, Medellín. 1995. 71 p. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- CORREA, G.J.A.** Función protectora de los metabolitos secundarios en las plantas. En: XXI Congreso Socolen - Medellín. Memorias, 1994. p. 226-251.
- CUADROS, M. y VERGARA, R.R.** Estudios básicos sobre la efectividad insecticida de extractos florales de *Collindra* spp (Mimosaceae) sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. Ibagué: Universidad del Tolima, 1993. 96p.

- DEVARAJ UTS, K.C.** Toxic constituents of plants with reference to pest control. *En: Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry. 1990, p. 138-142.*
- FARRAR, R.R.; KENNEDY, G.G.** 2-Undecanone, a constituent of the glandular trichomes of *Lycopersicon hirsutum* F. *Glabratum*: Effects on *Heliothis zea* and *Manduca sexta* growth and survival. *En: Entomol. Exp. Appl. Vol. 43: (1987); p.17-23.*
- FU-SHUN, Y. et al.** Deterrents extracted from the leaves of *Ginkgo biloba*: effects on feeding and contact chemoreceptors. *En: Entomol. Expo. Appl. Vol. 54 (1990); p.57-64.*
- GRAINGE, M. et al.** Plant species reportedly possessing pest control properties. An EWC/UH. Database Resources Systems Institute. East-West Center. Honolulu: College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, 1985.
- HILDEBRAND, VON A.** Los extractos vegetales y el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. *En: Agroquímicos Problema Nacional. Políticas y Alternativas. Gómero, O. L. Compilador J. R. Ediciones Lima, 1991. pp: 341-352.*
- HUBRECHT, F.; DELAUDE, C.; GASPARD, C.** The activity against *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith of several saponins extracted from plants originating from Zaire. *Med. Fac. Land. Rijk, Gent. 1989. 54: 937-944.*
- JACOBSON, M.** Botanical pesticides. *En: Insecticides of Plant Origin. ACS Symposium Series. Washington, D.C., 1989. p.1-10.*
- KUBO, I.; LII, Y.W.; PETTEI, M.; PILKIE WICZ, F.; NAKANISHI, K.** Potent Army worm antifeedants from the east african *Warburgia*. *En: Plants. J.C.S. Chem. COM. M. 1013-1014., 1976.*
- and **NAKANISHI, K.** Insect antifeedants and repellents from African plants. *En: ACS. SYMPOSIUM SERIES No. 62. Host Plant Resistance to Pests. Amer. Chem. Soc. Part 11, 1977. p.165-178.*
- LORICA, V.M.** Plantas: fabricas naturales para combatir plagas. *En: RAAA-Boletín No. 11. Lima, Perú. 1994. p.9.*
- MARTÍNEZ, P.S.; LAGUNES, T.A.; DOMÍNGUEZ, R.R.** Búsqueda de plantas medicinales con propiedades insecticidas contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). *En: Rev. Chapingo. Vol. 9; No. 43-44 (1984); p.97-103.*
- MIKOLAJCZAK, K.L. et al.** A limonoid antifeedant from seed of *Carapa procera*. *En: Journal of Natural Products. Vol. 51; No. 3 (1988); p.606-610.*

- MILES, H.D.; HANKINSON, B.L.; RANDLE, S.A.** Insect antifeedants from the Peruvian Plant *Alchornea triplnervia*. *En: Bio-regulators for Pest Control*. (1985); p.469-476.
- MORALES, S.L. y MADRIGAL, A.** Evaluación del potencial insecticida de cinco especies forestales. Medellín: Universidad Nacional, Facultad de Ciencias, 1997. 131p.
- MORENO, B; ARANGO, A. y GONZÁLEZ, J.** Estudios de la potencial actividad insecticida de las especies *Dalea caerulea* y *Brunfelsia paniciflora*. p.51. *En: CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA* (20: 1993: Cali). Resúmenes XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: SOCOLEN, 1993. 142 p.
- POTENZA, M.R.; ROSSI, C.E.; CALAFIORI, M.H.** Empleo de extrato de planta de girasol *Helianthus annuus* L. no controle de cigarrinha *Empoasca kraemerii* Ross & More 1957 e da patriota *Diabrotica speciosa* Germar 1824 em feijoeiro *Phaseolus vulgaris*. *En: Ecosistema*. Vol. 12 (1987); p.114-118.
- POWELL, R.G. et al.** Limonoid antifeedants from seed of *Sandoricum koetiape*. *En: Journal of Natural Products*. Vol. 54, No. 1 (1991); p. 241-246.
- RAMA RAO, M.** Utility of plant products in pest control of field and orchard crops. *En: Proc. Symp. Botanical Pesticides in IPM. Rajahmundry, 1990.* p. 125-127.
- REIS R.; BARROS, N.M.; GONZÁLEZ, A. y FERREIRA, F.** Efeito de metabólicos secundarios de plantas en afideos *Macrostipium euphorbiae*. *En: 4º SINCOBIOL SIMPOSIO DE CONTROL BIOLÓGICO. Anais: Sessao de Poster, Embrapa, 1994.* p. 83.
- RENWICK, J.A.A.; RADKE, C.D.** Constituents of host-and non-host plants deterring oviposition by the cabbage butterfly *Pieris rapae*. *En: Ent. Exp. Appl.* Vol. 39 (1985); p.21-26.
- ROSENTHAL, G.A.** Defensa química de las plantas superiores. *En: Investigación y Ciencia*. No.114 (1986); p.70-77.
- . The protective action of a higher plant toxic product. *En: Bioscience*. Vol.38, No.2 (1988); p.104-109.
- SECOY, D.M. and SMITH, A.E.** Use of plants in control of agricultural and domestic pests. *En: Economic Botany*. Vol.37, No.1 (1983); p.28-57.
- STOLL, G.** Protección natural de cultivos con recursos provenientes de las granjas en las zonas tropicales y subtropicales. Weikersheim, Alemania Federal: JOSEF MARGRAF, 1989. 185 p.
- SWAIN, T.** Secondary plant compounds as protective agents. *En: Ann. Rev. Plant Physiol.*

-
- U.S.A. Vol. 28 (1977); p.479-501.
- VELA, A.A.** Uso de extractos vegetales en el control de plagas. *En: Agroquímicos Problema Nacional. Políticas y Alternativas.* Gomero, O.L. Compilador. Lima: J.R. Ediciones, 1991. p. 353-356.
- VERGARA, R.R.; ESCOBAR, S.C.; y GALEANO, O.P.** Potencial fitoinsecticida de extractos de *Melia azederach* L. (Meliaceae): actividad biológica y efectos sobre *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. *En: XXIII Congreso Socolen, Catagena de Indias, 1996.* p.98.
- VILLAR, M.; AYALA, O.J.L.; RODRÍGUEZ, H.C.; LAGUNES, T.A.** Utilización de infusiones y extractos acuosos vegetales en el combate del gusano cogollo del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en San Luis Potosi. *En: Revista Chapingo.* Vol.11 No. 67 y 68 (1990); p.105-107.
- WESTCOTT, N.D.; HINKS, C.F. and OLFERT, O.** Dietary effects of secondary plant compounds on nymphs of *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera:Acrididae). *En: Ann. Entomol. Soc. Amer.* Vol.85, No.3 (1992); p.304-309.