

# LOS EXTRACTOS VEGETALES EN LOS PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

RODRIGO A. VERGARA RUIZ<sup>1</sup>

## 1. INTRODUCCION

Un imperativo se reconoce en la producción agropecuaria hoy en día: **debe ser sustentable**. En este sentido todos los factores que en ella intervienen tienen que caracterizarse como tales. En el caso de las estrategias de control de plagas ellas no deben depender del empleo de plaguicidas contaminantes. Los productores y técnicos en todo el mundo están trabajando en la sustitución del control químico de las especies nocivas. No solo para el consumo interno se requieren alimentos limpios, en el caso de la exportación de productos agrícolas todos los países compradores exigen que ellos estén exentos de residuos tóxicos.

En la implementación de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), se ha acudido al empleo de estrategias, tales como: la resistencia varietal, el control microbial, el uso de parasitoides y predadores. Últimamente se ha reconsiderado el uso de los extractos de plantas. Es bien conocido que el grupo de los insecticidas botánicos fue uno de los de mayor empleo hace varias décadas. Sus costos de obtención y la aparición de los plaguicidas orgánicos de síntesis relegaron su utilización.

En todos los países del mundo existe algún grado de preocupación por la problemática medio ambiental. En el caso específico de la producción agropecuaria se hacen esfuerzos por establecer tecnologías de control de plagas diferentes al control químico. Los problemas que han surgido del uso de plaguicidas, son de tal magnitud, que las necesidades de solución son apremiantes. No solo por que es importante controlar las plagas, sino también porque los consumidores exigen productos exentos de residuos tóxicos. Las compañías multinacionales realizan intentos por diversificar sus productos y han incursionado en el campo de las sustancias de origen biológico. Se conoce que en el mercado internacional están disponibles insumos que han sido obtenidos a partir de diversas plantas. De una sola de ellas, el conocido árbol de la India, Azadirachta indica se ofrecen y comercializan más de veinte productos con efecto insecticida.

En Colombia, existe un potencial de recursos vegetales promisorios como fuente de sustancias para la elaboración de insecticidas. Es sencillo imaginarse la biodiversidad florística de las seis regiones naturales del país.

---

<sup>1</sup> I.A., M.Sc. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Apartado Aéreo 1779.

Las condiciones climáticas tan variadas de estas regiones determinan en parte la riqueza de especies vegetales. Todas estas plantas contienen compuestos metabólicos que constituyen principios activos para el control de organismos nocivos.

El conocimiento de la flora de Colombia aún no se ha terminado. Periódicamente los taxónomos encargados de estos trabajos presentan nuevos descubrimientos. La biodiversidad florística del país es impresionante. El inventario de especies de la flora del Neotrópico (donde también se ubica Colombia), se podría terminar dentro de unos 400 años. Alwin Gentry, un estudioso del tema hace referencia a lo anterior planteando que con cálculos conservadores en una hectárea de bosque amazónico, pueden existir 606 individuos de plantas, cuyo diámetro es de 10 centímetros, los cuales corresponden a la asombrosa cifra de 300 especies de árboles y bejucos.

Colombia se encuentra entre los países que en el mundo ostentan el orgullo de pertenecer al grupo de la Megadiversidad. Hay quienes se atreven a decir que Colombia posee la mayor diversidad de plantas del planeta. Pero desafortunadamente esta riqueza enfrenta problemas de extinción, de pérdida y sobretodo de un declarado menosprecio del hombre en los ecosistemas afectados. Los bosques se talan a un ritmo impresionante, de unas 600 mil hectáreas al año; no solo los bosques húmedos, sino también el bosque seco tropical. Los páramos y los humedales atraviesan una situación similar. Se diría que los procesos de transformación del paisaje no son armónicos, sino catastróficos. Con estas actividades se pierde la flora y la fauna colombiana. Se reduce la biodiversidad.

Podrían plantearse las ventajas si el hombre le diera otra mirada a los ecosistemas y pensara que el prodigio florístico tiene otras utilidades. El reino vegetal, aún sin conocer en forma

precisa el número de especies descritas, es el sustento de la vida animal en el planeta. El hombre como usuario al igual que otros organismos de la tierra, tiene que repensar su incidencia negativa sobre los recursos naturales. La flora es fuente de múltiples sustancias necesarias para la existencia del hombre, en el caso de la producción agropecuaria esto es más importante.

## 2. RAZONES PARA LA SUSTITUCION DE PLAGUICIDAS

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. Cuando se hace una valoración de la relación beneficio/costo en el empleo de plaguicidas, puede decirse que los costos son superiores. Los beneficios que el agricultor espera no se presentan y los riesgos derivados del uso de estas sustancias hacen más conflictiva la situación descrita.

Los productores necesitan una propuesta viable que les ayude a una sustitución gradual de los plaguicidas. Se considera que en los extractos de plantas puede estar esta posibilidad. Los investigadores han logrado

obtener de los vegetales sustancias con propiedades fungicidas, molusquicidas, nematodocidas, insecticidas y otras más. Estos extractos han demostrado sus bondades y por sus características se ajustan a los requerimientos del desarrollo agrícola sustentable. Antes que otros países que andan a la búsqueda de plantas promisorias para estos fines, el país debería apoyar a los grupos que las están estudiando. Se corre el riesgo de la pérdida de estos materiales. Existen a nivel mundial consorcios que se encuentran explorando ecosistemas en la búsqueda de plantas promisorias como fuente de fitoinsecticidas. Con inversiones de gran impacto se pueden apoderar de este germoplasma. Como ha ocurrido en otros casos, los países que no usufructen esta riqueza, después tendrán que pagar por tecnologías, patentes y sustancias.

El actual sistema de producción agrícola dependiente de insumos y agrotóxicos ha demostrado sus debilidades y, además, ha revelado sus problemas. Se necesita rediseñar el sistema y en el caso de las plagas, debe acudir a una inteligente combinación de estrategias de control. En el MIP, pueden incluirse los productos de origen vegetal. Los componentes que sean incluidos no deben generar situaciones críticas como las que se desean resolver.

En los avances tecnológicos se puede tener confianza para la obtención de instrumentos, que como los extractos de plantas, tengan una mayor utilidad para los agricultores. Una vez se disponga en forma comercial de insecticidas de origen vegetal deberá hacerse un empleo racional de los mismos. En Colombia se tienen investigaciones sobre la utilidad de diferentes compuestos en varios cultivos y actuando sobre diferentes plagas. Hay todo un trabajo de por medio para que los agricultores accedan a esta tecnología.

### 3. GENERALIDADES SOBRE INSECTOS-FITOFAGOS Y LOS VEGETALES

Cuando se intentan explicar las relaciones planta insecto es necesario acudir a las teorías evolutivas de los dos reinos, el vegetal y el animal. El primero se cree aparece con las primeras huellas de vida sobre la tierra en el período Precámbrico, hace 2000 a 3000 millones de años. Los primeros restos de animales - encontrados en Australia - son del Cámbrico hace 570 millones de años. Las plantas posibilitaron la vida animal ya que a una atmósfera rica en CO<sub>2</sub>, que ningún animal podría respirarla, fue cambiada para que los animales se establecieran.

En el caso de los insectos y en su relación con las plantas, es de anotar que durante el Devónico y el Carbonífero hace más de 300 millones de años, las plantas desarrollaron en una gran variedad de formas complejas. Eran especies emparentadas con los equisetos, los licopodios y helechos, llegando a formar grandes bosques. No podían generar semillas. Las plantas productoras de semillas evolucionan en el Carbonífero y sólo aparecen hasta el Permiano y el Triásico (hace 225 millones de años), predominaban las gimnospermas, como el caso de plantas coníferas. Durante el Cretáceo que comenzó hace 135 millones de años se desarrollan las angiospermas o plantas con flores. En los últimos 130 millones de años no ha surgido ningún otro grupo vegetal superior, pero ha habido una enorme proliferación de las plantas herbáceas, con una importante influencia recíproca en los animales asociados a ellas.

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

Los insectos-fitófagos se han constituido en uno de los grupos que mayor competencia le hacen al hombre por las plantas cultivadas. No se conoce exactamente cuantas son las especies insectiles que han elegido a los vegetales como su alimento predilecto. En todas las especies cultivadas se registran insectos-fitófagos. Afortunadamente para los agricultores, de ellas tan solo una muy pocas tienen importancia económica. Es decir, en cada cultivo se presentan menos de cinco (5) insectos-plagas que se estimen como claves.

La diversidad taxonómica de los insectos no implica la misma dimensión para la interacción con las plantas. De los 29 órdenes de insectos tan solo 9 emplean las plantas como su alimento principal, a pesar de la enorme biomasa constituida por las plantas. Esto significa que las plantas no constituyen el alimento ideal para los insectos, por cuanto dependiendo de la especie se presentan rechazos o desadaptaciones al microclima de las plantas. Estas pueden presentar características físicas no deseables por los insectos (pilosidades, texturas) o químicas (presencia de compuestos secundarios, desbalance de nutrientes, falta de agua).

Especies fitófagas se encuentran en los órdenes Coleóptera, Dipetera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Hemíptera y

Orthoptera; pero en general entre los insectos fitófagos y los que emplean las plantas como hospederos parciales se concreta más de la mitad de los insectos conocidos. Se acepta que los primeros insectos (Carbonífero Superior), no se alimentaban de plantas, sino de materia orgánica viva o muerta y tan solo muchos años después lograron adaptarse y consumir plantas verdes. Esto se debía a problemas del contenido en las plantas de productos metabólicos secundarios con lo cual se defendían contra la herbivofagia.

### 3.1 RELACIONES BIOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

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.

Las defensas químicas de las plantas pueden dividirse en dos categorías: Toxinas o defensas cualitativas y los factores que

reducen la digestibilidad o defensas cuantitativas. Las clases más conocidas de los compuestos implicados en las defensas son: compuestos nitrogenados (alcaloides, aminas, aminoácidos no proteínicos, glicósidos cianogénicos y glucosinolatos); terpenoides (monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos, saponinas, limonoides, cucurbitáceas, cardenoloideos, carotenoideos); compuestos fenólicos (fenoles simples, flavonoides y quinonas) y poliacetilenos (Harborne, 1977).

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 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.

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). Estos compuestos tienen influencia sobre las relaciones entre animales herbívoros, estos

metabolitos intervienen activamente en la relación insecto-planta.

En los metabolitos secundarios se presentan varias clases con 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 proteínicos, ecdisonas, inhibidores de proteasas y lectinas. La forma como actúan estos compuestos sobre grupos de insectos es variable.

Durante los procesos de coevolución 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 coevolutivos 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 quinolínicos entre

otros, pero no todos con propiedades insecticidas.

### 3.2 LOS EXTRACTOS Y LA FITOPROTECCION

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 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 la búsqueda de soluciones tanto económicas como ecológicas, los extractos 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. 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.

En el control de los insectos-plagas, plantas o partes de ellas han sido usadas en todo el mundo desde tiempos inmemoriales para matar y repeler insectos. Durante los últimos 150 años ha habido serios intentos para identificar las estructuras químicas de los principios activos presentes en las plantas con conocido poder insecticida. Entre las más importantes es preciso mencionar el Chrysanthemum cinerariaefolium (piretro); especies de Derris, Lonchocarpus, Tephrosia y Mundulea (rotenoides) y varias especies de Nicotiana (nicotinoides). Son bien conocidos los principios insecticidas del piretro (piretrinas I y II, Cinerinas I y II y jamolina I y II), los rotenoides (isoflavonoide modificado rotenona) y el alcaloide nicotina.

Los compuestos secundarios se presentan en la mayoría de las plantas y aproximadamente el 80% de todos los compuestos naturales identificados son de origen vegetal. De éstos se conocen unas 30.000 estructuras y de acuerdo con Edwards y Wratten (1990), citados por Panizzi y Parra (1991), debido a que las plantas no tienen posibilidad de escape el ataque de los insectos mediante movimiento, las únicas defensas que pueden exhibir son de origen químico o físico.

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, 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, líquenes 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: Meliaceae, 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.

### 3.3 EL POTENCIAL FLORISTICO PARA LOS FITOINSECTICIDAS

#### 3.3.1 RIQUEZA FLORÍSTICA

La investigación relativa al inventario de la flora colombiana no es definitiva. En un país con 1.141.748 km<sup>2</sup> de superficie la biodiversidad vegetal es incalculable. De la región de la Amazonía, se tienen registros de 5400 especies de plantas superiores que pertenecen a 1620 géneros y a 240 familias (Rangel, 1995), en esta región, en el denominado Parque Nacional Natural Amacayacu, se han descrito 333 especies de plantas vasculares de 201 géneros y 78 familias; en el de la Sierra de la Macarena los registros preliminares revelan 1285 especies de 165 familias y 633 géneros. El lector podrá dimensionar las posibilidades que ofrece esta vegetación para los propósitos de obtención de extractos.

La Selva Pluvial Central, localizada en los alrededores de Quibdó (Chocó), con una altitud entre 100 y 500 metros, posee unas 673 especies de plantas identificadas, de 10 familias, entre las cuales la Rubiaceae, aporta 62 especies. En el sólo género *Piper* se registran 23 especies; para las Islas de Gorgona y Gorgonilla los inventarios presentan 510 especies de plantas superiores y de helechos, 89 de briofitos (musgos y hepáticas). De la Sierra Nevada de Santa Marta, se conocen 1800 especies, de 636 géneros y 164 familias, con un elevado endemismo.

Cerca de 1200 especies de plantas superiores, constituye la riqueza del Macizo Central colombiano, según Rangel (1995). En el Parque Nacional Natural Los Nevados se han identificado 1200 especies de plantas superiores; aproximadamente 450 especies de plantas vasculares y 80 briofitos se cuantifican

para la zona de volcanes del Altiplano Nariñense. Es de destacar que unas 3249 especies correspondientes a 1160 géneros y 246 familias se encuentran en la región Caribe y unas 1381 especies en el Parque Nacional Natural Tayrona. Se poseen 2047 especies de plantas superiores pertenecientes a 180 familias y 807 géneros, de la región de la Orinoquía y del Parque Nacional Tuparro 535 especies de plantas.

La diversidad biótica de Colombia no se conoce a fondo, lo afirma categóricamente Van Der Hammen (1995) y continúa diciendo: pero si se sabe ya suficiente para formar la base de una política de proyección, que será parte de un "Plan de Emergencia" para salvarla. Con toda la importancia económica que podrá tener nuestra mega-diversidad, es necesario que nos percatemos que en vista de la rápida degradación y desaparición de los ecosistemas naturales y de los agroecosistemas tradicionales, perderemos gran parte de ella en los próximos decenios, si no tomamos, a corto plazo, medidas drásticas: adaptación de la legislación, conservación de áreas extensas, manejo especial de considerables zonas "rústicas", recuperación de ecosistemas en vía de desaparición, manejo especial de los páramos, creación de "cordones" de vegetación natural (bosques, cercas vivas y relacionadas) conectando las reservas naturales y frenando la colonización y la tala de bosques.

### 3.3.2 RIQUEZA EN FITOCOMPUESTOS

La humanidad tuvo conocimiento de las virtudes toxicológicas, farmacológicas y alucinógenas de las plantas con mucha anterioridad a su real descubrimiento por la fitoquímica. Debido a que era difícil precisar las causas biológicas de sus efectos se les atribuía un carácter mágico-religioso. Quienes alcanzaron algún grado de

conocimiento sobre las propiedades particulares de las plantas alcanzaron sobre sus semejantes gran preponderancia y fueron los curanderos, sacerdotes, druidas o shamanes. Con el avance cultural de la humanidad esta situación fue aclarada y sus explicaciones fitoquímicas aceptadas.

Los plaguicidas naturales comprenden insecticidas, antialimentarios (aal), inhibidores de crecimiento, hormonas juveniles de la muda, deterrentes de la oviposición, atrayentes, repelentes y disuasores. Estos pueden constituirse en buenos modelos para el desarrollo de productos sintéticos análogos o ser usados como ingredientes activos si están disponibles en abundancia. Ejemplo de esto son muchos piretroides sintéticos, análogos de las hormonas juveniles, análogos de las enzimas anti-hormonas juveniles, inhibidores de crecimiento y muchos otros, algunos de los cuales existen en el mercado (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Posterior al empleo de los derivados de plantas como nicotina, piretro y rotenona, el cual declinó con el uso de sustancias como el DDT, los insecticidas vegetales perdieron vigencia. Aunque desde 1942 se conocían algunos constituyentes del NEEM (*Azadirachta indica* A. Juss), planta nativa de la India; su valor por los efectos repelentes, antialimentarios, de inhibición del crecimiento, o sobre la sobrevivencia, reproducción, oviposición y otras características sobre organismos afectados tan solo se ha aceptado recientemente (Saxena, 1993).

Los compuestos químicos bioactivos de las plantas han venido sirviendo de modelo para la síntesis de análogos, como ha sucedido con los piretroides sintéticos y una parte de la molécula del azadirachtin, un potente antialimentario y un inhibidor de crecimiento de los insectos extraído del árbol de neem. Muchos compuestos interesantes van siendo

conocidos en la medida en que la investigación en este campo alcanza mayores progresos. Paulatinamente, se obtendrán potentes fracciones o moléculas activas a partir de la gran variedad de fuentes naturales, servirán para posibles usos comerciales con fines de control de insectos (Ayyangar y Nagasampagi, 1993).

Las plantas contienen sustancias que pueden ocasionar alteraciones en el proceso alimenticio de los insectos. Un tipo de ellas son los llamados antialimentarios (aal), de los cuales se conocen solo unos pocos. Se calcula que unos 10.000 metabolitos secundarios se han definido químicamente, obtenidos de varias especies de plantas, pero se considera que su número puede ser de más de 400.000, y de éstos muy pocos se han ensayado para comprobar sus efectos sobre las plagas. Entre estas sustancias se tienen glicosidos, quinonas, fenoles, terpenos (mono y sesqui-terpenos, di- y tetranorterpénoides), cumarinas, furacumarinas, lignanas, alcaloides, poliacetilenos y otros diferentes productos.

Kogan (1983) explica que durante mucho tiempo se desconoció cual era la función de los m.s de las plantas y se les consideró como productos de excreción o compuestos secundarios que la planta almacenaba como inertes. Posteriormente se determinó que estos compuestos secundarios tenían mucha influencia sobre los animales herbívoros y posteriormente se constató que estos m.s., interferían la relación insecto-planta. Hoy en día se ha comprobado que poseen diferentes formas de actuar en los procesos bio-ecológicos de un gran grupo de organismos.

Saxena (1987) menciona que los problemas generados por los insecticidas pueden solucionarse mediante el empleo de productos naturales obtenidos de las plantas y los cuales pueden actuar en forma diferente. Los antialimentarios pueden reducir o prevenir el proceso alimenticio de los insectos y

consecuente con ello su crecimiento, desarrollo, sobrevivencia y reproducción serían notablemente afectados. La presencia de antialimentarios en las plantas constituye de por sí una barrera contra el ataque de las plagas, y además permiten preservar la fauna benéfica y no contaminan el ambiente. Otras sustancias pueden ser típicos repelentes y así ofrecer potencialidades para el control de plagas, como en el caso de las plantas Azadirachta indica A. Juss, Melia spp. y Walburgia sp., de conformidad a lo expresado por Saxena (1987).

#### 4. EL REINO VEGETAL COMO DESPENSA DE FITOQUÍMICOS

Como insecticida vegetal se cree que fue el tabaco molido, mezclado con agua y cal el primero que se utilizó en 1763 para el control de plagas. En 1809 se aísla el principio activo y en 1828 se sabe que era un alcaloide, que se sintetiza en 1904 por Pictet y Rotachy. Para principios del siglo XIX se recomienda el uso del piretro para eliminar piojos y pulgas, que se populariza en todo el mundo a partir de 1850. Este producto extraído de plantas del género Chrysanthemum presenta 4 ésteres a saber: Piretrinas I y II y Cinerinas I y II, de acuerdo con las informaciones de Barberá (1967) y Vela (1991). Para 1848 ya se usaba la Rotenona contra larvas comedoras 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 organosintéticos, tal como lo plantean Barberá (1967) y Hildebrand (1991).

Las especies de plantas que puedan ser utilizadas para obtener extractos con poder insecticida deben poseer las siguientes

características: ser perennes; ocupar poco espacio y necesitar poca agua y fertilizantes; no destruirse cada que se obtienen sus partes para elaborar extractos; no convertirse en maleza ni atraer plagas de cultivos y además poseer usos complementarios. Los extractos crudos de estas especies podrían ser usados sin ocasionar problemas ecológicos, obtenerse con tecnologías sencillas, ser de fácil consecución y medioambientalmente seguros.

De la corteza y tallos de Quassia amara L. (Simarubáceas), se obtienen extractos contra insectos chupadores; de la semilla de Croton tiglium L. (Euforbiaceae) puede procesarse un repelente contra dípteros y de especies del género Cinchona provienen alcaloides con propiedades insecticidas sobre larvas de especies nocivas de las órdenes Díptera y Lepidóptera (Chiesa, 1965).

El uso de extractos tóxicos es documentado por 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 estas sustancias reducían el consumo de follaje e incrementaban la mortalidad de la plaga en las fases tratadas. Estos autores no precisan los compuestos químicos. De una sola planta, Alchornea triplimervia Poepp & Endl. (Euphorbiaceae) se aislaron seis compuestos a saber: ácido antranílico, ácido gentísico; ácido senecioico; Cinnamaldehído y ácido Cinnámico; los cuales se ensayaron contra Manduca sexta y Anthonomus grandis Boheman, encontrándose por Miles, Hankinson y Randle (1985) que estos compuestos inhiben el crecimiento de M. sexta y la actividad alimenticia de A. grandis, lo cual demuestra el comportamiento variable de los extractos.

Potenza, Rossi y Calafiori (1987) analizaron los efectos de extractos de girasol Helianthus annuus L. sobre Empoasca kraemeri Ross-Moore y Diabrotica speciosa Germar, demostrando acción de repelencia de las sustancias obtenidas del girasol. Extractos de follaje del árbol Ginkgo biloba L. incorporados a una dieta de Agar-azúcar, con la cual se adelantaban crias de Pieris brassicae y Pieris rapae, demostraron contener sustancias con acción antiablimentaria, lo cual permite emplear este árbol para obtener sustancias tóxicas contra las plagas mencionadas según las conclusiones presentadas por Fu-Shun y colaboradores (1990). En un interesante trabajo Renwick y Radke (1985) precisaron que los extractos de Brassica oleracea L. aplicados sobre cultivos de esta misma crucífera inhibían la oviposición de P. rapae, lo cual reducía la incidencia de la plaga.

Los extractos de Tephrosia spp, Melia sp.; Daptura sp. fueron empleado en combinación con Bacillus thuringiensis Berliner (Dipel), para control de larvas de Spodoptera frugiperda y del díptero Aedes togoi (L.) con muy buenos resultados por los investigadores Hellpap y Zebits (1986).

Especies de Calliandra spp se han ensayado para el control de varias plagas. Es así como Simmonds, Romeo y Blane (1988), determinaron que aminoácidos no proteínicos encontrados en hojas tiernas y tallos de Calliandra spp presentaban actividad insecticida contra el áfido Aphis fabae Scopoli, estos autores analizaron 5 compuestos determinando que el más efectivo fue S-(B-carboxyethyl)-Cysteine y además que al combinar los compuestos hallados se incrementa el control de esta especie insectil.

Un extracto de las semillas de la planta Sandoricum koetiape, 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 y colaboradores (1991).

El listado de plantas estudiadas para obtener extractos contra Spodoptera frugiperda es extenso. En U.S.A. de la planta Meliaceae Carapa procera L. se obtuvo por parte de Mikolajczak y su grupo de investigadores (1985) un extracto limonoide 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. En investigaciones llevadas a cabo en U.S.A., con extractos de Eremochloa ophiuroides para el control de S. frugiperda por parte de Wiseman y colaboradores (1990) pudo comprobarse que esta planta presenta resistencia a la plaga. Contiene ácidos clorogénicos, cafeoliquímicos, maysina y luteolina. Los extractos se obtuvieron mediante procesos en fresco y fraccionados y se incorporaron a una dieta meridica, ensayándolos contra larvas de primer y segundo instar.

En un estudio que buscaba evaluar en el campo, la efectividad de infusiones y extractos acuosos de Hippocratea sp, Ricinus communis L. Trichilia havanensis y T. americana Villar y colaboradores (1990) tomaron como plaga indicadora Spodoptera frugiperda. Después de las aplicaciones de los productos encontraron que los extractos tanto de Trichilia havenensis 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 el maíz. Las soluciones de Ricinus communis son las

más recomendadas no solo por su efectividad sino también por su amplia distribución geográfica de esta planta en México.

## 5. GRUPOS DE EXTRACTOS POR 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 Deva-raj (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 cardiotoxicos; glucosinolatos, glicósidos cianogénicos; fenolglucosidos, benzoxazinonas, sesquiterpeclactonas, alcaloides esteroidales y acetogeninas. A continuación se presenta una breve descripción sobre algunas de ellas:

### 5.1 DE ACTIVIDAD INSECTICIDA

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. snaguinipes*.

Para el control de colonias de *Macrosiphum 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 granulosum 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%.

En la China, tejidos de plantas o productos crudos tales como extractos acuosos u orgánicos se emplean directamente para el control de plagas. Debido a que esta práctica es ecológicamente sana y por no requerir tecnología sofisticada su empleo es intenso. Yang y Tang (1988) han documentado 267 plantas que los agricultores chinos utilizan contra plagas y enfermedades de sus cultivos, destacando como las especies de mayor éxito: *Tripterygium wilfordii* (CELASTRACEAE), *Melia azedarach* (MELIACEAE) y *Stellera chamaejasme* (THYMELAEACEAE), las cuales tienen efectos detrimentales en poblaciones de insectos.

## 5.2 DE ACTIVIDAD MORFOGENETICA

Las hormonas juveniles (J.H) 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 Sesamolin, 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 juvadedeno descubierto en las raíces de *Macropiper excelsum* y los juvocineno I y II encontrados en el aceite destilado de *Ocimum basilicum*.

## 5.3 DE ACTIVIDAD HORMONAL

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 antagonicos de la H.J., explica Camps (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 vitelogénesis. 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.

## 5.4 DE ACTIVIDAD INDUCTORA DE LA MUDA

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-hidroxiecdisona 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-hidroxiecdisona del Bombyx mori y como posteriormente Nakanishi y Takemoto obtenían del helecho Polypodium vulgare la 20-hidroxiecdisona, 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.

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.

## 5.5 DE ACTIVIDAD ANTIALIMENTARIA

Algunas plantas contienen potentes antialimentarios como son Warburginol (Warburgia ugandensis), azadirachtina 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 azadirachtina 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. Azadirachtina es supresora del apetito en acrididos y larvas de algunos lepidópteros.

## 5.6 DE 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.

## 6. RESULTADOS EXITOSOS CON EXTRACTOS

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. ugadensis 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 Poligodial, 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 contra unas 8 especies de insectos, nemátodos y hongos. 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 macerados acuosos de plantas medicinales a una concentración del 5%, con las cuales se contaminó 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 Swietenia humilis.

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. pittieri 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 mutissii (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 Colonia, 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.); Leptophobia aripa Boisduval y Ascia monuste (L.). Benitez y Vergara (1995) utilizaron extractos acuosos y etanolicos de las plantas. Ruta graveolens L, Calendula officinalis 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: Eucaliptus globulus, Barberis carupensis, Jaborosa magellanica, Hyeronima macrocarpa y Valeriana carnosa, Bejarano, Luque y Moreno (1996), adelantaron estudios para el control de Tecia solanivora Povolny. Hallaron que los extractos de Barberis y Jaborosa, presentaron los mejores resultados de control de la polilla guatemalteca. En evaluaciones sobre efectividad de extractos de

Ryania speciosa 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 speciosa 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 mortalidades iguales al insecticida malation. 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 Machaerium moritzianum Benth, demostraron efecto insecticida sobre Alconeura sp (Cicadellidae) y fago inhibidor sobre Atta cephalotes L. (Formicidae) (Morales y Madrigal, 1997).

## 7. LA BUSQUEDA DE FITOCOMPUESTOS PROMISORIOS

Los procedimientos de investigación con extractos deben desarrollarse en varias etapas que Hoss (1992) las especifica en forma con-

creta y que con ligeras variaciones se explican en los numerales siguientes.

## **7.1. ACOPIO DE EVIDENCIAS Y TRABAJOS**

La primera fuente de información consiste en la recopilación de testimonios orales y escritos de los conocimientos empíricos, tratando de obtener un máximo de datos concretos sobre las plantas y sus características supuestas y/o probadas, tales como en la medicina y agricultura tradicional, y en las actividades ceremoniales y místicas de las comunidades que hasta cierto punto han conservado sus prácticas culturales. Las experiencias y creencias concretas pueden constituir el punto de partida, especialmente a nivel de los aspectos metodológicos del proceso (selección de plantas, lugares de crecimiento, épocas de cosecha, tejidos usados, tratamiento post-cosecha, preparación de los remedios, aplicación de ellos, efectos benéficos y nocivos observados y mitología) que faciliten el desarrollo de las investigaciones llamadas científicas. A nivel internacional debe acudir a la bibliografía especializada y a las bases de datos que como los de EAST-WEST CENTER y la Universidad de Hawai que aportan información ya seleccionada, lo cual es de gran utilidad en este proceso.

## **7.2 RECOLECCION DE MUESTRAS**

Una vez identificadas las especies vegetales para su posterior empleo en la experimentación, se procede a la recolección del respectivo material botánico. Este debe ser efectuado de acuerdo a las indicaciones conocidas, como: condiciones de crecimiento de la planta (altura msnm, régimen hídrico, temperaturas, etc.), época de cosecha (crecimiento vegetativo, prefloración, floración y madurez), tejidos cosechados

(raíces, tallo, hojas, flores, frutos y semillas) y el procedimiento post-cosecha.

Para efectuar un ensayo de laboratorio con extractos vegetales, 100 gr de materia seca es más o menos suficiente, por lo que la recolección de las plantas frescas debe alcanzar unos 250 (semillas maduras) hasta 1000 gr (hojas o frutos) de acuerdo a su porcentaje de humedad. Las muestras totales deben proceder de un grupo de submuestras, que según la parte cosechada (hojas, tallos, raíces u otra estructura) se homogenizan para obtener una sola muestra con el peso deseado. El investigador debe proceder a la recolección al azar. los registros ecobotánicos tienen que ser minuciosos. Las muestras seleccionadas tienen que estar libres de contaminantes bióticos o abióticos y confinarse en recipientes con aireación, ojalá en cajas de cartón. Inmediatamente después de la extracción del material vegetal, se procede a la manipulación de éstos para lograr el almacenamiento de las plantas en condiciones que puedan conservar sus características bioquímicas. En general ello consiste en la deshidratación de los tejidos, vía secado al aire libre en luz difusa, con temperaturas que no exceden los 50°C para no perjudicar las sustancias químicas de la planta. Como la mayor concentración de sustancias activas se ubica normalmente en los órganos de reproducción, se puede proceder a separarlos de los tejidos que las envuelven (por ejemplo cáscaras, vainas y frutas). En este caso es recomendable la aplicación de técnicas como el despulpe (fermentación y separación de la fase acuosa), el trillado y otros métodos de separación física.

Después de secar los tejidos vegetales hasta un porcentaje de alrededor de 15% de humedad, se pueden almacenar bajo condiciones físicas estables (temperatura, humedad relativa), controlando periódicamente la calidad de las muestras (evitando el recalentamiento y contaminación

con plagas o enfermedades). Para evitar la degradación de las plantas y factible pérdida de sus sustancias activas, es aconsejable usarlas en un plazo no mayor de 9 a 12 meses después de la recolección.

### 7.3 PREPARACION DE LOS EXTRACTOS

Del tejido vegetal seleccionado es posible obtener: polvos, aceites vegetales, extractos acuosos y orgánicos, y dependiendo de las características y propiedades tanto químicas como biológicas, los procedimientos de preparación serán diferentes.

Los polvos contienen ingredientes activos que actúan como repelentes. Se usan solos o mezclados con materiales inertes (harinas, aserrín, salvados, etc.) y se aplican en forma directa; pueden hacerse suspensiones con ellos. El aceite vegetal se obtiene vía extracción fría o caliente y dentro de éstos se encuentran muchas sustancias aromáticas que tienen un efecto en la regulación de plagas; su aplicación requiere de su formulación, como suspensión en agua. En cuanto a los extractos acuosos, se conocen un sinnúmero de métodos de extracción que varían: con el tiempo de contacto entre el solvente agua y el material vegetal; con la temperatura del proceso y el aprovechamiento de la acción enzimática (fermentación). A pesar de que las sustancias activas son orgánicas con estructuras químicas complejas, poco solubles en solventes inorgánicos, se han obtenido resultados muy satisfactorios empleando el agua como solvente. Los extractos elaborados a base de solventes orgánicos, normalmente logran extraer un porcentaje mayor de las sustancias activas y las estabilizan químicamente; la extracción se efectúa en condiciones determinadas empleando un sistema de reflujo del solvente (aparato Soxhlett). Esta forma de extracción por los requerimientos de equipo y mayores conocimientos, solo es recomendable

su uso en casos de investigaciones avanzadas con especies vegetales con bastante potencial para la regulación de plagas. Por los efectos biológicos que causan muchos solventes orgánicos, es necesario separarlos del extracto antes de la aplicación, empleando aparatos de vacío y/o de calor (Hoss, 1992).

Los extractos con sus diferentes dosis se elaboran en base a una solución concentrada, por ejemplo una solución al 50% (50 gr de la planta seca en 100 ml del solvente), el cual puede ser diluido con agua hasta llegar a la dosis requerida para la aplicación. En la primera prueba de laboratorio la dilución recomendable del concentrado debe ser en forma logarítmica (por ejemplo: 0.5,  $10^2$ ,  $10^1$ ,  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , etc.); en caso de dosis más exactas se procede en diluir en forma aritmética (2, 4, 6, 8, 10...). La dosificación se determina normalmente en porcentaje de extracto en la solución aplicable (por ejemplo 5.0% = 5.0 gr de materia seca de la planta insecticida en 100 ml de solución o en partes por millón de las sustancias activas en la solución (por ejemplo 50 ppm = 50 partes de nicotina por millón de partes). La adhesión de la solución puede mejorarse agregando emulsificantes o emulsificadores.

### 7.4 FORMAS DE EMPLEO

Si se trata de polvos o aceites vegetales, se los mezcla en su debida proporción con el alimento de la plaga. Un ejemplo es el uso de semillas de *Melia azedarach* para controlar *Sitophilus* sp., en granos almacenados en polvo al 2%, lo que significa aplicar 20 gr del polvo mezclado homogéneamente con 1 kg de trigo, arroz, u otro producto al cual se agrega un número determinado de adultos del gorgojo. Para detectar los efectos de repelencia o de inhibidor de alimentación, es recomendable la aplicación de una prueba de elección ("choice-test") que consiste en colocar material tratado y no-tratado en la

misma unidad. De esta manera se permite que los organismos seleccionen su alimento preferido, de este modo se determina el nivel de atracción o rechazo (repelente) de las sustancias activas. La aplicación de la prueba de elección permite además la detección de efectos relativamente livianos de atraer o repeler a los organismos, en comparación con los ensayos estándar de no elección. Tratándose de un extracto con propiedades insecticidas y/o con un fuerte efecto de repelencia, se puede aplicar la prueba de no-elección ("non-choice-test"), donde se aplican los extractos a los alimentos en su totalidad. Para comprobar si el efecto mortal se basa en la ingestión o por contacto con el remedio vegetal, se debe proceder en aplicarlos en

diferentes tratamientos (solo al alimento, solo al organismo, tanto al alimento como al organismo) y evaluar la mortalidad y trastornos morfológicos en el desarrollo del organismo (Hoss, 1992). Los efectos no-inmediatos, como por ejemplo cambios en la metamorfosis insectil o disminución en la ingestión de alimentos se determina aplicando dosis subletales del extracto y evaluando el desarrollo insectil durante todo el ciclo de vida, hasta llegar a la siguiente generación.

Las aplicaciones se efectúan en forma de aspersion, empleando mecanismo de spray para uso doméstico, o en forma de inmersión, sumergiendo el alimento (por ejemplo: hojas) en el extracto preparado.

USO-PREPARACION	
Polvo	molido y mezcla
Aceite vegetal	extracción fría o caliente
Extracto acuoso	té: rocear hierbas c/agua herv. 1 min.
	caldo: hervir hierbas 20 min.
	infusión: regar c/agua herv., dejar reposar
	remojado: hierbas chanc. c/agua fría, 2 días
	macerado: hierbas chanc. c/agua fría, 2 sem.
Extracto orgánico	solventes de laboratorio (EtOH, hexano, cloroformo, eter, etc.), aparato Soxhlett
	solventes caseros (EtOH impuro kerosene, etc.), extracción fría.

#### EXTRACTOS DE PLANTAS, METODOS DE USO Y PREPARACION (HOSS, 1992)

En cuanto al diseño experimental de las pruebas de laboratorio, se recomienda la distribución de las unidades con sus respectivas repeticiones en bloques completos al azar; el número de repeticiones puede ser relativamente bajo (3 a 5), debido a las condiciones de pocas fluctuaciones e influencias externas.

La metodología tanto de campo como de laboratorio debe ser seleccionada por el investigador, teniendo en cuenta según los objetivos los principios de representatividad, repetitividad y exactitud. El diseño experimental debe ser lo más completo posible y el control de las factibles fuentes de error ser de una alta confiabilidad, que permita obtener resultados de la misma calificación. Solo así podrá procederse a elaborar recomendaciones serias y no especulativas.

### **7.5. EVALUACION DE RESULTADOS**

En las investigaciones que se adelanten con extractos deben evaluarse todos los parámetros cualitativos y cuantitativos que se planearon en el diseño de los objetivos. Los datos recolectados se someten a los respectivos análisis matemáticos y estadísticos que permitan evidenciar la influencia y el comportamiento de los diferentes fenómenos observados e interpretarlos con relación a la validez que puedan tener.

Los factores que es necesario evaluar son entre otros: **AMBIENTALES** (Ecoclimáticos); **CULTURALES** (Prácticas de manejo del cultivo); **EXPERIMENTALES** (los relacionados con el proceso de aplicación para el control).

Es recomendación de tipo general la de elaborar formularios para la colecta de los datos de cada uno de los factores que serán objeto del análisis, aunque todas las etapas del experimento desde la planificación, preparación, aplicación y la evaluación en si

tienen la misma importancia. Para que los resultados sean representativos y posean validez debe cumplirse esta secuencia. Téngase en cuenta que una deficiente toma de datos o una evaluación inexacta pueden afectar el valor de la investigación, y de este modo no puede hacerse una acertada transferencia a los agricultores.

Es fundamental que prime la objetividad, para que una alternativa ecológica como es la de los extractos para el control de plagas sea perdurable y efectiva.

### **8. BENEFICIOS Y COSTOS DE LOS EXTRACTOS**

Cuando se hace un análisis comparativo de las sustancias obtenidas de plantas para el control de insectos y los insecticidas orgánico-sintéticos, pueden demostrarse beneficios pero también resaltar limitaciones. De los aspectos positivos pueden mencionarse:

- **Biodegradabilidad.** Son sustancias que pueden ser metabolizadas por las Enzimas presentes en los organismos del suelo, por lo cual los principios activos no son acumulables en la cadena trófica.
- **Selectividad.** Son productos que actúan por ingestión y/o repelencia, debido a ésto solo afectan a los insectos benéficos por disminución de presas u hospederos.
- **Acción letal.** Sus principios activos tienen múltiples modos de acción, por lo cual presentan acción letal en las poblaciones plagas, objetivo de su control y por lo tanto no provocan la evolución rápida de resistencia.
- **Fácil obtención.** Los extractos pueden conseguirse fácilmente con tecnologías sencillas en todas las zonas agrícolas, en las cuales se encuentran especies promisorias para tal fin.

Entre las desventajas que presentan los fitoinsecticidas podrían resaltarse:

- Inestabilidad. Debido a que son sustancias biodegradables, sus ingredientes o principios activos se metabolizan rápidamente bajo la radiación solar, la humedad microclimática y el ataque microbiano, reduciendo su actividad en el tiempo y por esto se requieren aplicaciones frecuentes.
- Espectro de acción reducido. Los extractos solo controlan los insectos-plagas que consumen las partes asperjadas o toman savia contaminada con sus soluciones.
- Alta toxicidad aguda para mamíferos. Los principios activos en aplicaciones repetidas pueden ser altamente tóxicos a mamíferos e inclusive a humanos.

Quizás podrían resaltarse otros aspectos tanto benéficos como indeseables, pero no es el objeto de este documento. Los extractos vegetales son una alternativa que debe incorporarse a las estrategias que armonizan en los planes de manejo integrado de plagas (MIP) en aquellas propuestas que en los países con una alta biodiversidad de estos recursos permitan desarrollar un manejo integrado del cultivo (MIC). Se enfatiza en la necesidad de diseñar investigaciones rigurosas con base a trabajos prácticos de campo que faciliten la popularización de los extractos, como alternativa al control químico de plagas. Deben apoyarse los esfuerzos en este sentido resaltando las bondades pero evaluando los factibles inconvenientes.

“En cada lugar, en cada zona de vida, existen múltiples recursos vegetales que constituyen la fuente de obtención de extractos. Es un deber estudiar su potencialidad en el control de plagas. Con esta estrategia pueden solucionarse problemas derivados del uso de plaguicidas. Pero se tiene que basar su empleo en la investigación”.

## 9. CONCLUSIONES

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 obtención 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.

Colombia posee una variedad geomorfológica, la cual es ventajosa. Gracias a esta característica en el país se identifican regiones geográficas como: Región del Pacífico, La del Caribe, La Andina, La Orinoquía y la Amazonía. En todas ellas con una variedad de climas que permiten una riqueza florística envidiable. En estos lugares las plantas cumplen multitud de funciones, todas las cuales convergen en la inmensa actividad equilibradora de los ecosistemas. En estos lugares se encuentra concentrada la flora que el país debe emplear de modo racional. Cuando se propone su uso para la obtención de extractos de plantas, se busca una producción de vegetales seleccionados y ecológicamente aprovechados. No existen lugares únicos para plantas únicas. Se tienen múltiples plantas promisorias en incontables lugares, desde el nivel del mar hasta los páramos. La ubicación de los sitios para su producción debe tener un enfoque agroecológico, con criterios de sostenibilidad.

## BIBLIOGRAFIA

- AHMED, S.; GRAING'E, M.; HYLIN, J.W.; MITCHELL, W.C.; LITSINGER, J.A. Some promising plants species for use as pest control agents under traditional framing systems. In: Natural Pesticides from Neem Tree and other Tropical Plants. G'TZ. 1984. P. 565-580.
- ASCHER, K.R.S. Plant-derived insect antifeedants: problems and prospects. In: International Pest Control. 29 (6): 131-133. 1986.
- ATEHORTUA, L; ACEVEDO, D.P. y MADRIGAL, A. Evaluación de los extractos de Ryania speciosa Valh, Piper auritium HBK y Piper grandis en el control de la chinche de los pastos Collaria sp en condiciones de laboratorio. 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 Tecia 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 aripa (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); 1845 p.
- 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 toxicas no controle de vaquinha Diabrotica speciosa Germar en Laboratorio. An. 11a. Reuniao. NAC. Pesq. Feijao. Resumo No. 49. 1987 (sp).
- CASTRO, O.L.A. y SUAREZ, 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.; GOMEZ, 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, Q.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 Colliandra spp (Mimosaceae) sobre larvas de Spodoptera frugiperda J.E. Smith. Ibagué: Universidad del Tolima, 1993. 96p.
- CHIESA MOLINARI, O. Terapéutica vegetal. Barcelona: Salvat Editores S.A., 1965. 1061 p.
- DAVIDSON, H.R. y LYON, F.W. Plagas de insectos agrícolas y del jardín. México: Limusa, 1992. 743 p.
- 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.
- GENTRY, A. El significado de la biodiversidad. En: Nuestra Diversidad Biológica. Santafé de Bogotá. CEREC, 1993. p.13-25.
- GRAINGE, M. et al. Plant species reportedly possessing pest control properties. An EWC/UH. Database Resources Systems Institute. East-West Center. Honolulu: College of Trop Agriculture, University of Hawaii, 1985.
- HARBORNE, J.G. Introduction to ecological biochemistry. London: Academic Press, 1977. 487 p.
- HELLPAP, V.C.; ZEBITS, C.P.W. Kombinierte Anwendung von niem-samen-extrakt mit Bacillus thuringiensis Produkten bei der Bekämpfung von Spodoptera frugiperda und Aedes togoi. J. Appl. Ent. 101: 515-525, 1986.
- HILDEBRAND, VON A. Los extractos vegetales y el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. En: Agroquímicos Problema Nacional. Políticas y Alternativas. Gomero, O. L. Compilador J. R. Ediciones Lima, 1991. pp. 341-352.
- HOSS, R. Guía Metodológica: Uso de extractos vegetales en la regulación de plagas. Lima, Perú: Red de Acción de Alternativas al uso de Agroquímicos (R.A.A.A.), 1992. p. 65.
- HUBRECHT, F.; DELAUDE, C.; GASPAR, 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.
- KOGAN, M. Principios de la relación insecto-planta y su aplicación en la resistencia varietal. En: Yuca, Control Integrado de Plagas: programa yuca. CIAT. XYZ. Cali, 1983, pp. 33-45.

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.

MARTINEZ, P.S.; LAGUNES, T.A.; DOMINGUEZ, 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 triplinervia. En: Bioregulators 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 GONZALEZ, J. Estudios de la potencial actividad insecticida de las especies Dalea caerulea y Brunfelsia paniciflora. p.51. En: CONGRESO SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA (20: 1993:Cali). Resúmenes XX Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: SOCOLEN, 1993. 142 p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Resistencia de las plantas y animales a los insectos. En: Manejo y Control de Plagas de Insectos. Control de Plagas de Plantas y Animales. v.III. México: Limusa, 1978. p. 91-124.

PAINTER, R.H. Insect resistance in crop plants. New York: The MacMillan Co., 1951. 520 p.

PANIZZI, A.R.; PARRA, R.P.J. Introducao a ecologia nutricional de insectos. En: Ecologia nutricional de insectos e suas implicacoes no manejo de pragas. Editora Manole Ltda. Sao Paulo, 1991. 359 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 kraemeri 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.

RANGEL, CH. J.O. (Editor). Colombia Diversidad Biótica. Tomo I y II. Santafé de Bogotá: Guadalupe Ltda., 1985. p.442 y 436.

REIS R.; BARROS, N.M.; GONZALEZ, A. y FERREIRA, F. Efeito de metabólicos secundarios de plantas en afídeos Macrosiphum euphorbiae. En: 4º SINCOBIOL SIMPOSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO. Anais: Sessao de Poster. Embrapa, 1994. p. 83.

RENWICK, J.A.A.; RADKE, C.D. Constituents of host-and non-host plants

detering oviposition by the cabbage butterfly *Pieris rapae*. En: Ent. Exp. Appl. Vol. 39 (1985); p.21-26.

ROMEO, J.T.; SIMMONDS, M.S.J. Nonprotein amino acid *Calliandra* feeding deterrents from Catliondre ACS-Symp. Ser. Am Chen. Soc. Wash. D.C., 1989.

ROMEO, J.T. Insecticida ininoacids in leaves of *Calliandra*. Bioch. Syst. and Escol. 123: 293-297. 1984.

ROSENTHAL, G.A. Defensa química de las plantas superiores. En: Investigación y Ciencia. No.114 (1986); p.70-77.

ROSENTHAL, G.A. The protective action of a higher plant toxic product. En: Bioscience. Vol.38, No.2 (1988); p.104-109.

SAXENA, R.C. Antifeedants in tropical pest management. Insect Science Appl. 1987 8(4,5,6): 731-736.

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.

SIMMONDS, M.S.J.; ROMEO, J.T.; BLANEY, W.M. The effect of non-protein amino acids from *Calliandra* plants on the aphid *Aphis fabae*. Bioch. Syst. and Ecol. (1988) 16 (7-8): 623-626.

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.

VAN DER HAMMEN, T. Prólogo. En: Colombia Diversidad Biotica I. (Editor) Rangel, CH.J.O. Santafé de Bogotá: Guadalupe Ltda., 1985. Tomo I. 442p.

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.; RODRIGUEZ, H.C.; LAGUNES, T.A. Utilización de infusiones y extractos acuosos vegetales en el combate del gusano cogollero 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.

WISEMAN, B.R.; GUELDNER, R.C.; LYNCH, R.E.; SEVERSON, R.F. Biochemical activity of centipedegrass against fall armyhearm larvae. J. CHEM. Ecol. 1990. 16(9): 2677-2690.

YANG, R.Z. and TANG, C.S. Plants used for pest control in China. A Literature Review. En: Economic Botany. Vol. 42, No.3 (1988); p.376-406.

# POLITICA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD

Síntesis formada de la Revista del Instituto Alexander Von Humboldt: Política Nacional de Biodiversidad, 1997, 41 p.

Biodiversidad: Es la variación de las formas de vida y se manifiesta en la diversidad genética de poblaciones, ecosistemas y paisajes.

## OBJETIVO

La Política Nacional de Biodiversidad busca promover la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad, así como la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los conocimientos, innovaciones y prácticas asociadas a ella por parte de la comunidad científica nacional, la industria y las comunidades locales.

La presente política se fundamenta en tres estrategias: conservación, conocimiento y utilización sostenible de la biodiversidad. El documento también identifica los instrumentos para facilitar la implementación de la política a través de acciones relacionadas con la educación, la participación ciudadana, el desarrollo legislativo e institucional y los incentivos e inversiones económicas.

La estrategia de conservación incluye las medidas de conservación *in situ* a través del sistema de áreas protegidas, la reducción de los procesos y actividades que causan pérdida o deterioro de biodiversidad y la recuperación de ecosistemas degradados y especies amenazadas.

La estrategia de conocimiento abarca la caracterización de componentes de la biodiversidad en los niveles ecosistémico, de poblaciones, especies y genético, y la recuperación del conocimiento y de las prácticas tradicionales.

La estrategia de utilización busca impulsar el uso de sistemas sostenibles de manejo, apoyar y promover el establecimiento de bancos de germoplasma y programas de biotecnología, diseñar e implementar sistemas de valoración multicriterio de la biodiversidad y mecanismos para la distribución equitativa de beneficios derivados a su uso. También incluye medidas para procurar el desarrollo sostenible del potencial económico de la biodiversidad.

**La Política Nacional de Biodiversidad** debe desarrollarse en un Plan de Acción Nacional en el cual se definan los responsables de las diferentes acciones, y los recursos humanos, instituciones, de infraestructura y financieros para la implementación de las estrategias e instrumentos. El Plan de Acción Nacional debe ir acompañado de planes de acción regionales y de Desarrollo Sostenible, en los que se definan las acciones prioritarias para las regiones y sus mecanismos específicos de implementación.

# LINEAMIENTO Y ESTRATEGIAS

1. Consolidar un Sistema Nacional de Areas Protegidas: Reducir los procesos y actividades que ocasionan el deterioro de la biodiversidad.
2. Promover la restauración de ecosistemas degradados y de especies amenazadas.
3. Caracterizar los componentes de la biodiversidad.
4. Recuperar y divulgar el conocimiento y las prácticas tradicionales.
5. Promover sistemas de manejo sostenible de recursos naturales renovables.
6. Fortalecer y promover el establecimiento de bancos genéticos y programas de biotecnología.
7. Diseñar e implementar sistemas de valoración multicriterio de los componentes de la biodiversidad y la distribución equitativa de sus beneficios.
8. Desarrollar sosteniblemente el potencial económico de la biodiversidad.
9. Capacitación, educación y divulgación.
10. Participación Ciudadana.
11. Desarrollos legislativos
12. Desarrollo institucional
13. Incentivos
14. Desarrollo y transferencia de tecnología
15. Establecimiento de sistemas de información
16. Financiación.