



Bases Agroecologicas para la protección de cultivos

Clara Ines Nicholls
Gloria Rasquin

Serie: Producción ecológica
Abril de 2007



BISCHÖFLICHES HILFSWERK
MISEREOR E.V.
MISEREOR

Prologo

Es común escuchar cómo se sostiene que la pobreza en el medio rural se debe a la ignorancia de los/as campesinos/as. Al contrario de esta afirmación, que consideramos constituye un prejuicio y estereotipo mental, la pobreza es parte de una estructura configurada históricamente sobre la base de profundas injusticias sociales que han privado o despojado a la clase campesina de sus principales recursos productivos, incluyendo entre éstos sus propios bienes culturales.

En ese contexto, el saber campesino ha sido dejado de lado sistemáticamente en todos los planes de desarrollo rural y en la implementación de los programas agrícolas que pretenden promocionar un desarrollo sostenible de la pequeña agricultura campesina en el Paraguay. Sin embargo, es evidente que la cultura campesina ha aportado mucho en la construcción de modelos alternativos de desarrollo rural.

En el medio rural y en particular en la agricultura familiar campesina, los conceptos de viabilidad y sostenibilidad están íntimamente relacionados, pues la viabilidad tanto económica, como socio organizacional tienen directa relación con la cultura y el modo de producir y de organizarse para ello; de los conocimientos y saberes que han desarrollado durante años; con su manera de relacionarse con el medio productivo y el medio social que tienen sus tiempos y códigos; con las tecnologías y practicas que utilizan y las formas de combinarlas, que son justamente las potencialidades y fortalezas de este modo de vida campesina que hacen a la vez a la sustentabilidad de la misma.

La viabilidad económica de la agricultura campesina no solamente está dada por los márgenes entre los gastos y los ingresos, que en la agricultura convencional tienen estrecha relación con la tecnología, sino que también tienen componentes sociales fundamentales como la solidaridad, el compartir trabajo, la ayuda mutua entre otras cosas que aunque no tengan un valor monetario son de vital importancia en la vida rural.

La viabilidad tecnológica está dada por la capacidad de adaptación, de mantenimiento y por el bajo costo de reposición de los insumos. Además son tecnologías de fácil manejo y bajo costo y por lo general de menor riesgo para las personas y el medio ambiente.

La Agroecología es la ciencia que en este ámbito aporta a la recuperación, construcción y afianzamiento de sistemas productivos campesinos que recuperan los saberes campesinos y que los recrean y potencian con los conocimientos y experiencias de esta relación entre campesinos y técnicos con los cuales interactúan en la búsqueda de soluciones y propuestas de producción y de vida sustentables.

Este libro es una interesante compilación de estrategias para la protección de cultivos basadas en la experiencia paraguaya en el tema de protección ecológica de cultivos y en la revisión exhaustiva de la literatura al respecto **del mismo tema**.

Con la publicación de este libro se pone a consideración del lector, una serie de prácticas de Manejo Ecológico de insectos plaga y enfermedades que se sustentan en la teoría de los principios agroecológicos así como su integración con las prácticas culturales que muchos agricultores y agricultoras realizan en sus fincas.

Además con este libro, se pretende entregar importantes elementos a considerar en la protección ecológica de los cultivos tales como: entender porque los insectos y enfermedades alcanzan proporciones epidémicas y entender porque los agroecosistemas se tornan susceptibles a las invasiones de organismos nocivos.

De acuerdo a estos elementos, entonces la atención no esta ya tanto sobre la biología y ecología del organismo perjudicial, sino más bien en como mejorar la inmunidad del agroecosistema y en como fortalecer y utilizar los elementos de diversidad funcional del agroecosistema para prevenir y regular las poblaciones de organismos nocivos.

Agradecemos a las autoras de este libro. A la Dra. Clara Nicholls por el apoyo solidario brindado al CECTEC durante su estadía en Paraguay en el cumplimiento de su pasantía como Profesora Visitante en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA a través de la Comisión Fulbright. Su contribución basada en su larga y sólida experiencia en el tema constituye para la promoción y difusión de la Agroecología en Paraguay un fundamental aporte. A la Ingeniera Agrónoma Gloria Lesquín, quien en el marco del Proyecto de Tecnologías Campesinas en CECTEC, Paraguay, incasablemente ha recopilado experiencias campesinas y las ha sistematizado con gran entusiasmo y dedicación, contribución esta que hace que el libro tenga referencias y experiencias locales concretas.

No hay duda de que este libro será de suma importancia para los técnicos y agricultores que requieran el conocimiento de insumos alternativos necesarios durante la transición de los sistemas agrícolas convencionales hacia sistemas agroecológicos, teniendo siempre presente que es necesario diseñar agroecosistemas productivos que conserven la biodiversidad y los recursos naturales, que fomenten la seguridad alimentaria y que generen una agricultura más justa y sustentable.

Andrés Wherle
Director CECTEC, Paraguay

Introducción

Son pocas las situaciones en la naturaleza en la cual sean más evidentes las consecuencias de la reducción de la biodiversidad que en el área del control de plagas y enfermedades agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se pone de manifiesto a través del empeoramiento de los problemas de patógenos e insectos plaga, ligados a la expansión de monocultivos a expensas de la vegetación natural, disminuyendo la diversidad del hábitat local (Altieri y Nicholls, 2004). Los ecosistemas que se simplifican y modifican para satisfacer las necesidades alimenticias de humanos, quedan inevitablemente sujetas a daños por plagas y generalmente, mientras más intensamente se modifican tales ecosistemas más abundantes y serios son los problemas de plagas. En la literatura agrícola, están bien documentados los efectos que tiene la reducción de la diversidad de plantas en las explosiones de plagas de herbívoros y patógenos (Andow, 1991; Altieri, 1995). Tales reducciones drásticas en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente el funcionamiento de los agroecosistemas con consecuencias graves sobre la productividad y sustentabilidad agrícola.

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede restaurarse de manera que preste una serie de servicios ecológicos, entre ellos la regulación de la abundancia de organismos indeseables mediante la acción de predadores, parasitoides y antagonistas (Altieri y Letourneau, 1984; Andow, 1991). Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en agroecosistemas diseñando arquitecturas vegetacionales que incrementan las poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto directo sobre insectos herbívoros (Perrin, 1980; Risch et al., 1983). En el caso de enfermedades, la diversificación genética de cultivos y el incremento de antagonistas mediante el manejo orgánico del suelo, son estrategias claves para reducir la incidencia de patógenos. Este libro analiza varias opciones de diseño de agroecosistemas, que basados en la teoría agroecológica actual, conllevan el uso óptimo de la biodiversidad funcional para el control biológico de plagas y enfermedades en campos de cultivo.

Este libro pretende presentar los principios de diseño e implementación de sistemas agrícolas sanos, resilientes y productivos con el enfoque Agroecológico. Estos sistemas son necesarios para reemplazar los sistemas agrícolas dependientes de insumos externos que dominan el paisaje agrícola en muchas partes del mundo

Conforme progresa la modernización agrícola, los principios ecológicos son continuamente ignorados o desestimados. En consecuencia, los agroecosistemas modernos son inestables. Los desequilibrios se manifiestan como brotes recurrentes de plagas y enfermedades en numerosos cultivos, salinización, erosión del suelo, contaminación de aguas, etc. El empeoramiento de los problemas de plagas y enfermedades se ha relacionado experimentalmente con la expansión de los monocultivos a expensas de la diversidad vegetal, la cual es un componente esencial del paisaje que proporciona servicios ecológicos claves para asegurar la protección de cultivos (Nicholls y Altieri, 2005).

Por décadas los agricultores han tratado de luchar frente a los organismos nocivos con un enfoque unidireccional basado en el uso intensivo de agroquímicos. Las pérdidas de las cosechas debido a las plagas y enfermedades siguen manteniéndose en un 30 por ciento, sin diferencia con respecto a hace treinta o

cuarenta años. En América Latina el uso de pesticidas aumentó en un 138% a pesar de que la investigación en Manejo Integrado de Plagas (IPM) está bastante avanzada (Altieri y Nicholls, 2000). Estos son claros signos de que la estrategia del control de plagas, enfermedades y malezas basado en la utilización de pesticidas ha llegado a su límite. Es necesaria una estrategia alternativa basada en el uso de los principios agroecológicos para aprovechar al máximo los beneficios de la biodiversidad en la agricultura.

En este libro se presentan algunas experiencias del uso de insumos alternativos por agricultores paraguayos para la protección ecológica de los cultivos, necesario durante la transición hacia un manejo Agroecológico que enfatiza el mantenimiento de la biodiversidad en la agricultura y el papel que ésta puede desempeñar en el restablecimiento del equilibrio ecológico de los agroecosistemas para poder conseguir una producción sostenible.

Principios Agroecológicos

La Agroecología se perfila hoy como la ciencia fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes. Para esto la Agroecología utiliza **principios agroecológicos** (Figura 1) que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias de modo tal que la agrobiodiversidad sea capaz de subsidiar por si misma procesos claves tales como la acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de organismos nocivos y la productividad de los cultivos (Gliessman, 1998). Estos procesos son cruciales pues condicionan la sustentabilidad de los agroecosistemas. La mayoría de estos procesos se optimizan mediante interacciones que emergen de combinaciones específicas espaciales y temporales de cultivos, animales y árboles, complementados por manejos orgánicos del suelo (Altieri y Nicholls, 2005).



Figura 1. Principios Agroecológicos que favorecen procesos fundamentales en el agroecosistema

La Agroecología provee una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventaja de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales. Tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento. El resultado final del diseño agroecológico es mejorar la sustentabilidad económica y ecológica del agroecosistema, con un sistema de manejo propuesto a tono con la base local de recursos y con una estructura operacional acorde con las condiciones ambientales y socioeconómicas existentes (Altieri y Nicholls, 2000).

El papel ecológico de la biodiversidad en la protección de cultivos

Además de producir plantas y animales valiosos, la **biodiversidad** presta muchos servicios ecológicos. En los sistemas agrícolas, la biodiversidad presta servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustible e ingresos. Como ejemplos se incluyen el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la

regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la detoxificación de productos químicos nocivos.

Según Altieri y Nicholls (2000) la biodiversidad en los agroecosistemas incluye componentes tan variados como son los cultivos, malas hierbas, artrópodos y microorganismos asociados, así como los factores de situación geográfica, climáticos, edáficos, humanos y socioeconómicos. En general, el grado de biodiversidad en los agroecosistemas depende de cuatro características principales del agroecosistema:

1. La diversidad de la vegetación dentro y alrededor del agroecosistema.
2. La permanencia de los diversos cultivos del agroecosistema.
3. La intensidad del manejo.
4. El grado de aislamiento del agroecosistema de la vegetación natural.

Los elementos de biodiversidad de los agroecosistemas se pueden clasificar según el papel que desempeñan en el funcionamiento de los sistemas de cultivo. De acuerdo con esto, la biodiversidad agrícola se puede agrupar de la siguiente manera (Swift y Anderson, 1993):

- **Biota productiva:** cultivos, árboles y animales elegidos por los agricultores, que desempeñan un papel determinante en la diversidad y complejidad del agroecosistema.
- **Biota beneficiosa:** organismos que contribuyen a la productividad a través de polinización, control biológico, descomposición, etc.
- **Biota destructiva:** Malas hierbas, insectos plagas, microorganismos patógenos, etc., que los agricultores tratan de reducir a través del manejo del cultivo.

La biodiversidad juega un rol principal en el restablecimiento y manutención del balance ecológico, contribuyendo a la retroalimentación en los distintos niveles tróficos de la escala biológica. Cuanto más especies coexistan entre y dentro de los diferentes niveles, mayor es la estabilidad del sistema natural o del agroecosistema. En contraste, mientras más limpio de vegetación espontánea y menor número de cultivares de plantas o árboles exista, la agresividad, velocidad de crecimiento y recurrencia de las poblaciones de plagas y enfermedades será mayor. Las estrategias de diversificación agroecológica tienden a incrementar la **Biodiversidad funcional** de los agroecosistemas: una colección de organismos que juegan papeles ecológicos claves en el agroecosistema (Figura 2). El tipo y la abundancia de biodiversidad se definirá de acuerdo con el agroecosistema, según su edad, diversidad, estructura y manejo.

En la actualidad, se hace énfasis en un enfoque de ingeniería ecológica que consiste en analizar y ensamblar los componentes de la biodiversidad funcional, y sus interrelaciones en los distintos niveles tróficos del agroecosistema. El balance natural y la regulación de las plagas depende del grado de complejidad de las cadenas tróficas y las interrelaciones entre los componentes del agroecosistema.

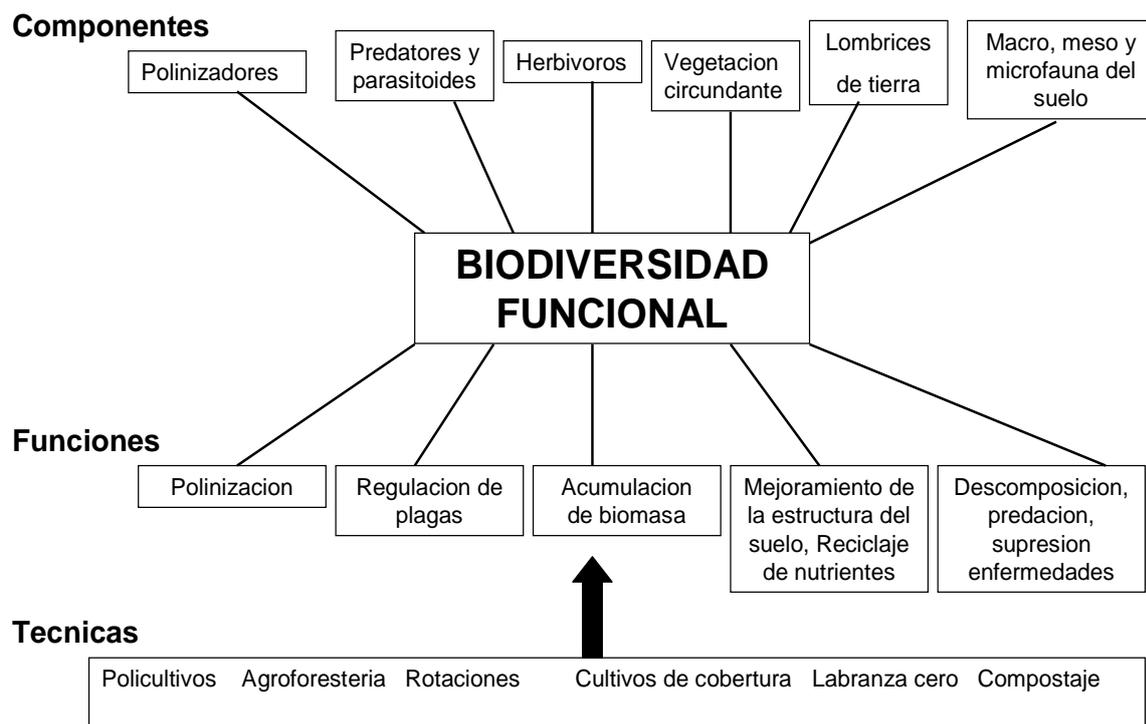


Figura 2. Biodiversidad Funcional (Altieri y Nicholls, 2004)

Existen varias estrategias para restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y el espacio incluyendo rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, policultivos, mezclas de cultivo, integración animal y otras estrategias similares. El papel de los agroecólogos debe ser fomentar esas prácticas agrícolas que incrementan la abundancia y la diversidad de organismos benéficos presentes sobre el suelo o debajo de su superficie, y que por lo tanto ofrezcan importantes servicios ecológicos de protección biológica a los agroecosistemas (Nicholls y Altieri, 2005)

La clave es identificar el tipo de biodiversidad que se desea mantener y/o fomentar para llevar a cabo los servicios ecológicos, y luego determinar las mejores prácticas que favorezcan a los componentes de biodiversidad deseados.

Una estrategia principal de Agroecología es explotar la complementariedad y sinergia que resultan de las diferentes combinaciones de cultivos, árboles y animales de los agroecosistemas de forma que a través de arreglos espaciales y temporales, favorezcan sistemas de policultivo, agroforestales y agropecuarios.

En esencia, el manejo óptimo de los agroecosistemas depende del nivel de interacciones entre los varios componentes bióticos y abióticos. A través del ensamble de una **biodiversidad funcional** es posible iniciar sinergismos que subsidien los procesos del agroecosistema a través de proveer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el reciclado de nutrientes, el aumento de los artrópodos benéficos y los antagonistas y otros más (Altieri y Nicholls, 1999).

Actualmente, hay una gama diversa de prácticas y tecnologías disponibles las cuales varían, tanto en efectividad, como en valor estratégico. Las prácticas claves

son aquellas de naturaleza preventiva, de multipropósito y que actúan reforzando la inmunidad del agroecosistema a través de una serie de mecanismos.

Las tecnologías promovidas son multifuncionales en tanto su adopción implica, por lo general, cambios favorables simultáneos en varios componentes y procesos agroecológicos. Por ejemplo, los cultivos de cobertura funcionan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves de los huertos frutales y viñedos: incrementan la entomofauna benéfica, activan la biología del suelo, mejoran el nivel de materia orgánica y con eso la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo, mas allá de reducir la susceptibilidad a la erosión (Altieri, 1995).

La mayor parte de la información científica, que documenta la regulación de plagas en sistemas diversificados, sugiere que esto sucede dada la gran variedad y abundancia de depredadores y parasitoides en estos sistemas (Altieri, 1994; Landis et al., 2000). Se han sugerido varias hipótesis donde se postulan los mecanismos que explican la relación entre un mayor número de especies de plantas y la estabilización de agroecosistemas incluyendo la regulación de plagas (Tilman et al, 1996). Sin embargo, un aspecto claro es que la composición de especies es más importante que el número de especies "*per se*" y que hay ciertos ensamblajes de plantas que ejercen *papeles funcionales claves* mientras que otros grupos de plantas no. El desafío está en identificar los ensamblajes correctos de especies que, a través de sus sinergias, proveerán servicios ecológicos claves tal como reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y enfermedades y conservación de suelo y agua. La explotación de estas sinergias en situaciones reales requieren del diseño y manejo de los agroecosistemas basado en el entendimiento de las múltiples interacciones entre suelos, plantas, artrópodos y microorganismos. La idea es restaurar los mecanismos de regulación natural adicionando biodiversidad selectiva dentro y alrededor de los agroecosistemas (Nicholls y Altieri 2005).

El manejo Agroecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada, conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, néctar, presas alternativas, refugio, etc.) para una optima diversidad y abundancia de enemigos naturales. Estos recursos deben integrarse al paisaje agrícola de una manera espacial y temporal que sea favorable para los enemigos naturales y por supuesto que sea fácil de implementar por los agricultores. El éxito depende de:

- la selección de las especies de plantas mas apropiadas,
- la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal,
- la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación
- la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat.

La experiencia práctica de miles de agricultores tradicionales en América Latina y de algunos agricultores orgánicos en países industrializados, demuestran que es posible estabilizar las comunidades de insectos en sistemas de cultivo diseñando arquitecturas de vegetaciones que albergan poblaciones de enemigos naturales, o que tengan efectos directos sobre plagas (Nicholls y Altieri 2005). Lo que hace difícil de masificar esta estrategia agroecológica, es que cada situación se debe analizar independientemente dado que en cada zona los complejos herbívoros – enemigos naturales varían de acuerdo a la vegetación presente dentro y fuera del cultivo, la

entomofauna, la intensidad del manejo agrícola, etc. Sin embargo, lo que es universal es el principio de que la diversificación vegetal es clave para el control biológico eficiente. Las formas específicas de manejo y diseños de diversificación dependerán entonces de las condiciones socioeconómicas y biofísicas de cada región y su definición será el resultado de un proceso de investigación participativa.



Conversión de sistemas convencionales a orgánicos

El proceso de conversión de sistemas convencionales monocultivos con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo es de carácter transicional y se compone de tres fases (Gliessman, 1998):

1. **Eliminación progresiva de insumos agroquímicos** mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de insectos plaga (MIP), enfermedades, malezas, suelos, etc.
2. **Sustitución de insumos sintéticos** por otros alternativos u orgánicos.
3. **Rediseño de los agroecosistemas** con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos orgánicos.

A lo largo de las tres fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar los siguientes procesos (Altieri, 1991):

- aumento de la biodiversidad tanto sobre como debajo del suelo
- aumento de la producción de biomasa y el contenido de materia orgánica del suelo
- disminución de los niveles de residuos de pesticidas y la pérdida de nutrientes y agua

- establecimiento de relaciones funcionales y complementarias entre los diversos componentes del agroecosistema
- optima planificación de secuencias y combinaciones de cultivos y animales, con el consiguiente aprovechamiento eficiente de recursos locales

La mayoría de las prácticas que promueven los entusiastas de la agricultura sustentable caen en las fases 1 y 2. Aunque estas dos fases ofrecen ventajas desde el punto de vista económico al reducir el uso de insumos agroquímicos externos y porque tienen un menor impacto ambiental, estos manejos dejan intacta la estructura del monocultivo y no conducen a que los agricultores realicen un rediseño productivo de sus sistemas (Power, 1999). En la mayoría de los casos el MIP consiste en un uso mas selectivo de pesticidas de acuerdo a umbrales económicos pre-establecidos pero que los insectos plaga usualmente superan bajo condiciones de monocultivo. Por otra parte la sustitución de insumos, sigue el mismo paradigma de la agricultura convencional en la que el objetivo es superar el factor limitante, aunque esta vez se realiza con insumos alternativos y no agroquímicos. Este tipo de manejo ignora el hecho de que el factor limitante (una plaga, una deficiencia nutricional, etc.) no es más que un síntoma de que un proceso ecológico no funciona correctamente y que la adición de lo que falta hace poco por optimizar el proceso irregular. Es claro que la sustitución de insumos no va a la raíz del problema sino al síntoma debido a que se deja intacta la estructura de monocultivo. Tal perspectiva, desafortunadamente no enfatiza el construir las fortalezas y sinergias para prevenir el ataque de agentes nocivos (Rosset y Altieri, 1997).

Cabe destacar que la sustitución de insumos tiene su lugar en la transición planificada hacia la agricultura agroecológica. Cuando se realiza la conversión de una finca convencional, se comienza con un suelo que ha sido esterilizado por décadas de abuso de productos agroquímicos, y un complejo de enemigos naturales devastados por los plaguicidas. Requiere tiempo restaurar la vida del suelo, su estructura y materia orgánica, así como recuperar la fauna benéfica. Durante este período de conversión, que puede ser corto o largo según la inversión de materia orgánica y el uso intencional de biodiversidad, los insumos sustitutos tales como los **bioreguladores y los biofertilizantes son indispensables**. Pero la meta a mediano plazo es ir reduciendo su uso, y por tanto la dependencia del agricultor hacia insumos costosos, en la medida que el sistema agroecológico vaya adquiriendo la capacidad de auto-patrocinarse sus necesidades de fertilidad y manejo de insectos plaga y enfermedades. (Rosset, 1999). El fortalecimiento de la planta es la mayor forma de protección contra los insectos plaga y enfermedades.

A través de métodos de cultivos adaptados y de un buen manejo del ecosistema (organismos benéficos) las infestaciones pueden ser prevenidas o reducidas. En algunos casos, sin embargo, las medidas preventivas no son suficientes y el daño causado por los insectos plaga y enfermedades puede llegar a niveles económicos de pérdidas. Es ahí, cuando se llega a estos niveles, que las medidas de control directo mediante el uso de **bioreguladores** pueden ser la medida apropiada. Contrario al caso de la agricultura convencional, en la cual se ha desmitificado la utilización de pesticidas como la forma más rápida y mejor de reducir el daño ocasionado por los insectos plaga y enfermedades, los agricultores orgánicos saben que los métodos preventivos son superiores y que solo si las medidas preventivas no son suficientes se deben utilizar los insecticidas naturales.

El rediseño predial por el contrario intenta transformar la estructura y el funcionamiento del agroecosistema al promover diseños diversificados que optimizan los procesos claves. La promoción de la biodiversidad en agroecosistemas es la estrategia clave en el rediseño predial ya que la investigación ha demostrado que (Altieri y Nicholls, 2005):

- Una mayor diversidad en el sistema agrícola conlleva a una mayor diversidad de biota asociada;
- La biodiversidad asegura una mejor polinización y una mayor regulación de insectos plaga, enfermedades y malezas;
- La biodiversidad mejora el reciclaje de nutrientes y energía;
- Sistemas complejos y multiespecíficos tienden a tener mayor productividad total.

Los dos pilares de la conversión

En la práctica, la aplicación de principios agroecológicos se centra sobre dos pilares fundamentales (Figura 3)

1. el mejoramiento de la calidad del suelo, incluyendo un suelo rico en materia orgánica con una biota edáfica mas diversa
2. el manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación que fomenta una entomofauna benéfica así como otros componentes de la biodiversidad

La integridad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo sustentada por un suelo rico en materia orgánica (Altieri y Nicholls, 1999). A pesar de los vínculos obvios entre la fertilidad del suelo y la protección de cultivos, la evolución de los conceptos de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Integrado de la Fertilidad de Suelos (MIFS) se han desarrollado separadamente (Altieri y Nicholls, 2003). Puesto que ya se conoce que muchas practicas de manejo de suelo influyen en el manejo de plagas, y viceversa, no tiene sentido ecológico continuar con enfoques reduccionistas.



Figura 3. Pilares Agroecológicos de calidad de suelo y salud del cultivo

La Agroecología considera que el manejo del hábitat arriba y abajo del suelo, son estrategias complementarias, puesto que al fomentar interacciones ecológicas positivas entre suelo y plagas, se origina una manera robusta y sustentable para optimizar la función total del agroecosistema.

Tradicionalmente los componentes de la biodiversidad arriba y abajo del suelo se han considerado aislados uno del otro, sin embargo, hoy en día se reconoce que están íntimamente relacionados (Wardle et al., 2004). En efecto, la planta parece funcionar como el integrador de los componentes del agroecosistema arriba y abajo del suelo, los cuales a pesar de estar espacialmente separados, están conectados biológicamente por las plantas. Este reconocimiento de los vínculos entre la biología arriba y abajo del suelo constituye un paso clave en el cual se basa una estrategia innovativa de Manejo ecológico de Plagas (MEP) (Figura 4).

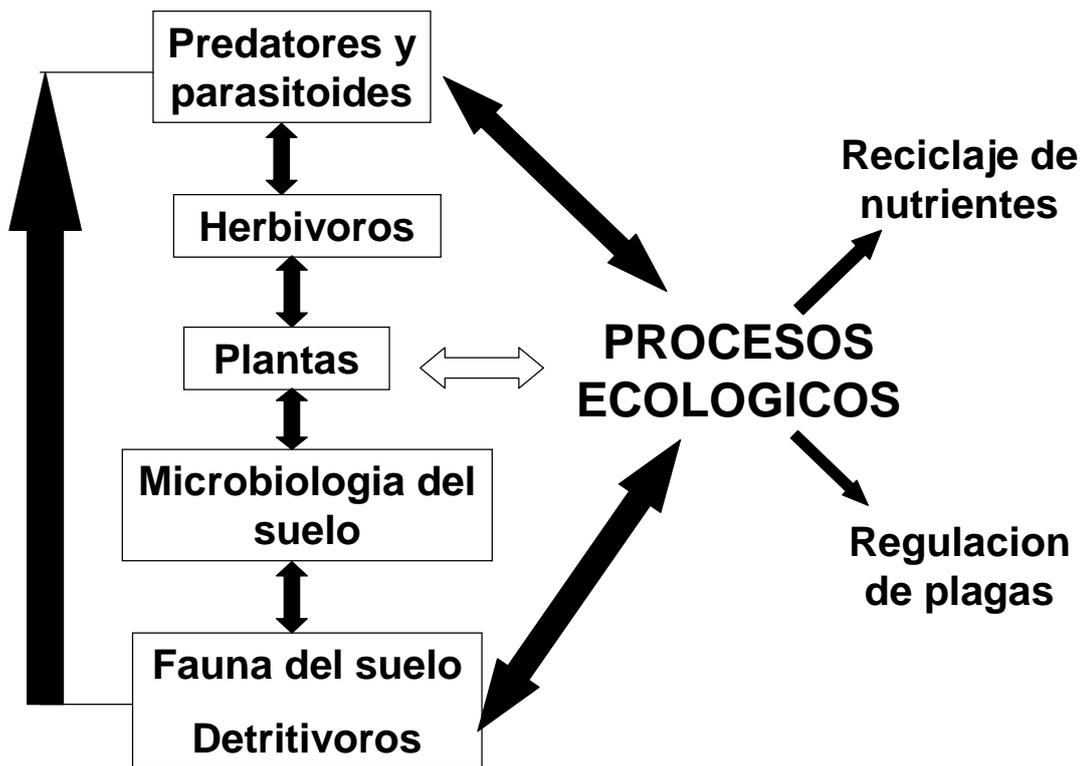


Figura 4. Relaciones entre la biología arriba y abajo del suelo

El MEP considera que el manejo del hábitat arriba y abajo del suelo, son estrategias igualmente importantes, puesto que al fomentar interacciones ecológicas positivas entre suelo y plagas, se puede diseñar una manera robusta y sustentable para optimizar la función total del agroecosistema (Figura 5).

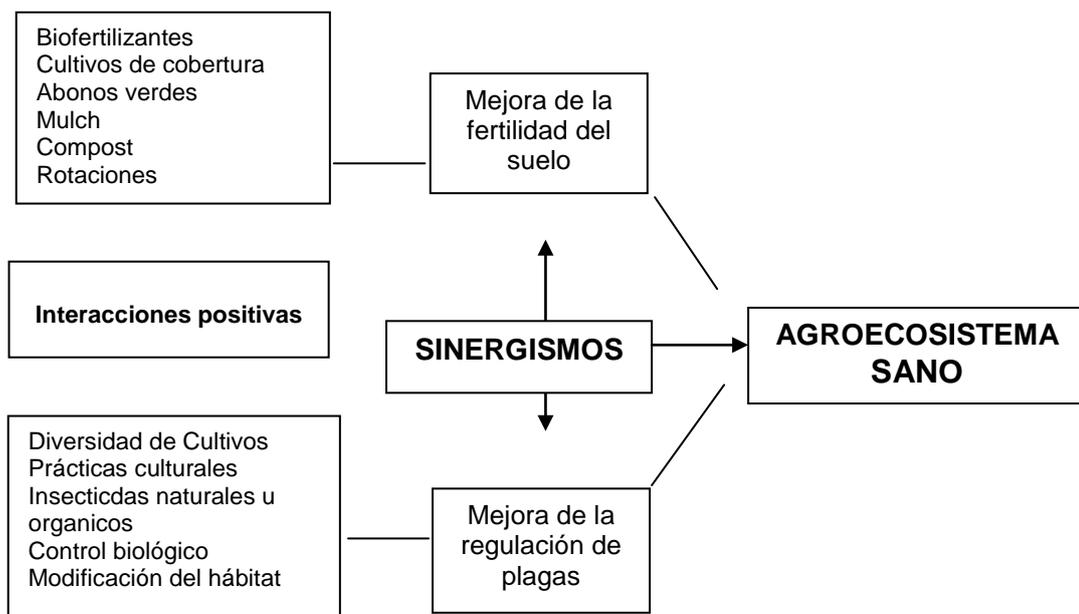


Figura 5. Sinergismos potenciales entre la gestión orgánica de la fertilidad de suelos y el manejo ecológico de plagas (Altieri y Nicholls, 2006)

Relación entre la nutrición de plantas y la incidencia de plagas

Según Altieri y Nicholls (2003) mucho de lo que hoy se conoce acerca de la relación entre la nutrición de plantas y la incidencia de plagas proviene de estudios comparativos de los efectos de las prácticas de la agricultura orgánica y los métodos usados en la agricultura convencional sobre poblaciones de plagas específicas. Las prácticas para mejorar la fertilidad de suelos pueden impactar directamente la susceptibilidad fisiológica del cultivo a los insectos plaga ya sea al afectar la resistencia al ataque de las plantas individuales o al alterar la aceptabilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros (Barker, 1975; Scriber, 1984). Algunos estudios han mostrado como el cambio de un manejo orgánico del suelo hacia el uso de fertilizantes químicos, ha incrementado el potencial de ciertos insectos plaga y enfermedades.

Nuevas investigaciones demuestran que la habilidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plagas y enfermedades, esta ligado a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo (Altieri y Nicholls, 2007). Suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección. Por otro lado, las prácticas agrícolas que causan desequilibrios nutricionales bajan la resistencia de las plantas a plagas (Magdoff y Van Es, 2000)

Según Altieri y Nicholls (2006) los componentes de un agroecosistema abajo del suelo pueden ser manejados a través de una serie de prácticas usadas en la agricultura orgánica ejerciendo un impacto substancial en la dinámica de plagas. A pesar de que la presión de plagas es menor en los sistemas orgánicos como resultado del uso de rotaciones y la conservación de la fauna benéfica dado que no usan pesticidas (Lampkin, 1990), nueva evidencia sugiere que las poblaciones de plagas se pueden reducir además al mejorar la biología y la fertilidad de los suelos.

Una forma como el manejo de la fertilidad del suelo puede reducir directamente la susceptibilidad de las plantas a las plagas es a través de la salud de las plantas (Phelan et al., 1995). Muchos investigadores y también agricultores han observado que las prácticas de fertilidad que incrementan y mantienen altos contenidos de materia orgánica y que incrementan los niveles de diversidad de la macro y microfauna del suelo proveen un ambiente, que a través de varios procesos, mejora la salud de la planta (McGuinness, 1993). La resistencia o tolerancia de las plantas a enfermedades e insectos plagas parece estar relacionada muy cercanamente a varias propiedades del suelo (Altieri y Nicholls, 2006).

Las prácticas de fertilización pueden tener efectos indirectos en la resistencia de plantas a los insectos plaga, al cambiar la composición de nutrientes en el cultivo. El nitrógeno total (N) ha sido considerado un factor nutricional crítico que modifica la abundancia y el comportamiento de los insectos (Mattson, 1980; Scriber, 1984; Slansky y Rodríguez, 1987). La mayoría de los estudios señalan incrementos dramáticos en el número de áfidos y ácaros en respuesta al incremento de las tasas de fertilización nitrogenada. De acuerdo a van Emden (1966) el incremento en las tasas de fecundidad y desarrollo del áfido verde del durazno *Myzus persicae*, estaba

altamente correlacionado con el incremento en los niveles de nitrógeno soluble en los tejidos de la hoja. Diversos autores también han indicado el incremento de las poblaciones de áfidos y ácaros con la fertilización nitrogenada (Luna, 1988).

Altieri y Nicholls (2006) sugieren que los fertilizantes químicos pueden influenciar dramáticamente el balance de elementos nutricionales en las plantas, y es probable que su uso excesivo incremente el desbalance nutricional, lo cual a su vez reduce la resistencia a insectos plaga. En contraste, las prácticas de fertilización orgánica promueven el incremento de la materia orgánica del suelo y la actividad microbiana y una liberación gradual de nutrientes a la planta, teóricamente permitiendo a las plantas derivar una nutrición más balanceada. Así, mientras que la cantidad de nitrógeno inmediatamente disponible para el cultivo pueda ser menor bajo fertilización orgánica, el estado total de la nutrición del cultivo puede ser mejorado. Las prácticas de fertilización orgánica pueden también proporcionar microelementos ocasionalmente faltantes en fincas convencionales que dependen principalmente de fuentes artificiales de N, P y K. además de concentraciones de la nutrientes, una fertilización óptima que provee un balance de elementos, puede estimular la resistencia al ataque de insectos (Luna, 1988). Las fuentes orgánicas de nitrógeno pueden permitir una mayor tolerancia al daño vegetativo porque la liberación del nitrógeno es más lenta, a través de varios años. Altieri y Nicholls (2006) exponen que estos hallazgos están mejorando el entendimiento del rol de la biodiversidad en la agricultura, y las relaciones ecológicas entre componentes biológicos arriba y abajo del suelo. Tal entendimiento constituye un paso clave hacia la construcción de una estrategia innovativa de manejo ecológico de plagas que combine la diversificación de cultivos y el mejoramiento orgánico del suelo.

Altieri y Nicholls (2007) sugieren que los sistemas agrícolas que utilizan fertilización orgánica del suelo promueven la conservación de especies de artrópodos de todos los grupos funcionales, e incrementa la abundancia de enemigos naturales comparado con las prácticas convencionales (Moreby et al., 1994; Kajimura 1995, Culliney y Pimentel y Warneke, 1986). Esto sugiere que la reducción de las poblaciones de plagas en sistemas orgánicos es una consecuencia tanto de los cambios nutricionales inducidos en el cultivo por la fertilización orgánica, como también el incremento de los controles naturales de plagas. Cualquiera que sea la causa, existen muchísimos ejemplos en los cuales bajas poblaciones de insectos herbívoros han sido documentados en sistemas de bajos insumos, con una variedad de mecanismos posibles propuestos.

Un hallazgo clave que ha contribuido a construir una base científica para un mejor entendimiento de las relaciones entre la salud de la planta y la fertilidad del suelo, ha sido el estudio realizado por científicos del USDA Beltsville Agricultural Research Center (Kumar et al., 2004). Estos científicos mostraron una base molecular que explica el retardo de la senescencia de las hojas y el incremento de la tolerancia a enfermedades en plantas de tomate bajo una cobertura muerta de una leguminosa (*Vicia* sp.) como sistema de cultivo alternativo, cuando se comparaba con el mismo cultivo convencional bajo una cobertura de polietileno negro. Probablemente dada la liberación de metabolitos de carbono y nitrógeno de la *Vicia* y su descomposición lenta, las plantas bajo la cobertura mostraron una expresión diferente de genes selectos, los cuales promovieron una mejor utilización y movilización del C y el N, promoviendo de esta forma una mayor defensa contra enfermedades y mejorando la longevidad del cultivo. Estos resultados confirman que en la producción de tomate intensivo convencional, el uso de leguminosas como cultivo de cobertura ofrece

mayores ventajas como alternativa biológica a los fertilizantes comerciales, además de minimizar la erosión y la pérdida de nutrientes, mejorar la infiltración del agua, reducir la escorrentía y crear una mayor relación “natural” predador-presa.

En conclusión, la evidencia sugiere que el manejo de la fertilidad del suelo puede influenciar la calidad de las plantas, la cual a su vez, puede afectar la abundancia de insectos plaga y los niveles subsecuentes de daño de herbívoros (Altieri y Nicholls, 2006). La aplicación de enmiendas minerales en cultivos puede influir la oviposición, tasas de crecimiento, supervivencia y reproducción de insectos que usan estas plantas como hospederas (Jones and Solomon, 1986). Aunque se requiere de más investigación, las evidencias preliminares sugieren que las prácticas de fertilización pueden afectar la resistencia relativa de los cultivos agrícolas a los insectos plaga. El incremento de los niveles de nitrógeno soluble en el tejido de plantas puede reducir la resistencia a las plagas, aunque esto puede que no sea un fenómeno universal (Phelan, et al., 1995).

Manejo de hábitat

Según Altieri y Nicholls (2004) los sistemas de cultivo diversificados, tales como los basados en cultivos intercalados y agroforestación o cubiertas vegetales en huertos, han sido recientemente objeto de muchas investigaciones. Este interés se basa principalmente en la nueva evidencia emergente de que estos sistemas son más estables y conservan mejor los recursos (Vandermeer y Perfecto, 1995). Muchos de estos atributos están relacionados con los altos niveles de **biodiversidad funcional** asociada a los sistemas complejos de cultivo.

Los diversos estudios y los diseños utilizados para probar los efectos que tiene la diversidad vegetal sobre la regulación de las poblaciones de insectos fitófagos son una fuente clave de información para desarrollar estrategias que aumenten la abundancia y la eficacia de los enemigos naturales asociados (Altieri y Letourneau, 1984). Las características de autorregulación inherentes a las comunidades naturales se pierden cuando el hombre modifica y simplifica estas comunidades rompiendo el delgado hilo de las interacciones que existen entre sus componentes. Los agroecólogos sostienen que este daño en los agroecosistemas puede ser reparado restableciendo la homeostasis comunitaria por medio de la adición o fomento de biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2000).

El primer paso es identificar la causa principal de la inestabilidad o «falta de inmunidad» de los agroecosistemas (Tabla 1). El segundo paso es fomentar las prácticas de manejo que optimicen los procesos claves que son la base de la salud de los agroecosistemas (Tabla 2). Todas estas prácticas deben conducir al **aumento de la biodiversidad funcional hipogea y epigea**, que a su vez desempeña un papel ecológico en restaurar la capacidad productiva del sistema.

Tabla 1. Causas del mal funcionamiento de los agroecosistemas

Causas del mal funcionamiento de los agroecosistemas
Monocultivo
Uniformidad genética
Baja biodiversidad funcional
Baja actividad biológica del suelo
Bajo contenido de materia orgánica
Excesivo uso de pesticidas
Excesivo uso de fertilizantes
Deficiencias de nutrientes
Desbalances hídricos

Tabla 2. Rutas y mecanismos para mejorar la inmunidad y la salud de los agroecosistemas

Rutas
Fortalecer el sistema inmunológico (funcionamiento óptimo de la regulación natural de plagas)
Decrecer la toxicidad eliminando los agrotóxicos
Optimizar la función metabólica (descomposición de materia orgánica y reciclaje de nutrientes)
Balancear los mecanismos regulatorios (balance hídrico, ciclo de biomasa y nutrientes, regulación poblacional, etc.)
Incrementar la conservación y regeneración de recursos naturales (suelo, agua y biodiversidad)
Incrementar y sustentar la productividad a largo plazo
Mecanismos
Incrementar la diversidad de especies y diversidad genética en el tiempo y en el espacio, a nivel del campo y del paisaje
Incrementar la biodiversidad funcional (enemigos naturales, polinizadores, antagonistas, etc.)
Aumentar la materia orgánica y actividad biológica del suelo
Aumentar la cobertura del suelo y la habilidad competitiva de los cultivos
Eliminar los insumos tóxicos

También es un paso importante identificar el tipo de biodiversidad que se quiere mantener y/o aumentar con el propósito de fomentar los servicios ecológicos fundamentales, y entonces determinar las mejores prácticas que favorecerán los componentes de dicha biodiversidad. La idea es aplicar las mejores prácticas de manejo para mejorar o regenerar el tipo de biodiversidad que subvenciona la salud y sostenibilidad de los agroecosistemas al proporcionar servicios ecológicos, tales como control biológico de plagas, reciclado de nutrientes, conservación de agua y suelo, etc. (Gliessman, 1998). La sanidad del cultivo se puede conseguir estableciendo mecanismos que ayudan a la regulación de las plagas de insectos a

través el aumento de la rica biodiversidad de enemigos naturales que alberga un agroecosistema diversificado y por el fomento de un suelo sano, rico en materia orgánica y con un amplio componente biótico.

Una estrategia principal de la agricultura sostenible es **restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y en el espacio** mediante rotaciones de cultivo, cubiertas vegetales, cultivos intercalados, mezclas de cultivo-ganadería, etc. (Altieri, 1987). Como se observa en la figura 6, se dispone de diferentes opciones para diversificar los sistemas de cultivo dependiendo de si los actuales monocultivos a modificar están basados en cultivos anuales o perennes. La diversificación también se puede dar fuera del cultivo, por ejemplo, en sus bordes mediante rompevientos, refugios y setos o corredores vegetales, que pueden mejorar el hábitat para la vida silvestre e insectos benéficos, proporcionar madera, materia orgánica y recursos para polinizadores y, además, modificar la velocidad del viento y el microclima (Altieri y Nicholls, 2004).



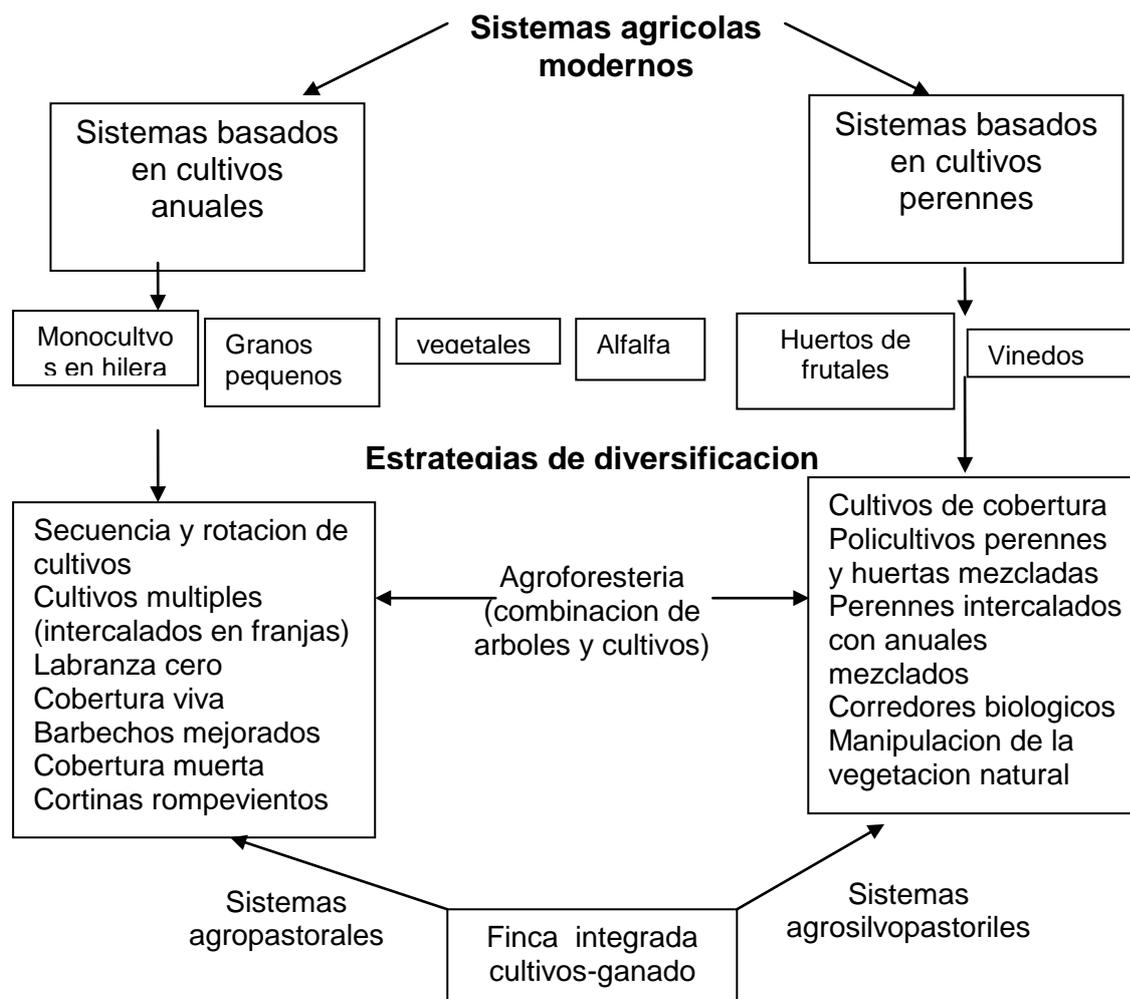


Figura 6. Estrategias de diversificación de agroecosistemas modernos basados en cultivos anuales y perennes

Según Altieri y Nicholls (2004) está bien documentado que en agroecosistemas policulturales en general hay un incremento en la abundancia de depredadores y parasitoides, ocasionado por una mejor disponibilidad de presas alternativas, fuentes de néctar y microhábitats apropiados. Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos: la de la concentración de recursos y la de los enemigos naturales (Smith y McSorely, 2000). Ambas hipótesis explican que pueden haber diferentes mecanismos actuando en agroecosistemas y tienden a sugerir los tipos de ensamblajes vegetales que poseen efectos reguladores y los que no, y bajo que circunstancias agroecológicas y que tipo de manejo (Root, 1973). De acuerdo a estas hipótesis, una menor densidad de herbívoros puede ser el resultado de una mayor depredación y parasitismo, o alternativamente el resultado de una menor colonización y reproducción de plagas ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no-hospederas, prevención de inmigración u otros factores (Andow, 1991). La literatura es profusa en este tema y los lectores pueden ahondar en el tema en varios libros recientes (Dempster y Coakeer, 1974, Flint y Roberts, 1988, Smith, 2000; Altieri y Nicholls, 2004; Barbosa, 1998; Landis et al., 2000).

Altieri y Nicholls (2007) señalan que la presencia y distribución de hábitats no cultivados alrededor de campos frecuentemente puede ser crítico para la supervivencia de los enemigos naturales.

En general, se reconoce la importancia de la vegetación natural alrededor de los campos de cultivo como reserva de enemigos naturales de plagas (van Emden, 1966). Estos hábitats pueden ser importantes como sitios alternos para la hibernación de algunos enemigos naturales, o como áreas que proveen recursos alimenticios tales como polen o néctar e insectos neutros para parasitoides y depredadores. Es por eso que en agroecología **la manipulación de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo, se usa como una estrategia para promover el control biológico.**

Los cercos vivos, corredores y otros aspectos del paisaje han recibido gran atención, debido a sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en las áreas adyacentes a los cultivos (Fry, 1995). Muchos estudios han documentado el movimiento de enemigos naturales desde los márgenes hacia el centro de los cultivos demostrando un mayor nivel de control biológico en hileras de cultivos adyacentes a la vegetación natural (Pickett y Bugg, 1998; Thies y Tschardtke, 1999). Dependiendo de las especies y la movilidad de los insectos benéficos estos efectos se pueden extender hasta 100 metros o más (Wratten, 1988).

Investigaciones realizadas por Altieri y Nicholls (2004) sugieren que en diseños agroecológicos a nivel de paisaje, los corredores sirven como canales para la dispersión de depredadores y parasitoides en agroecosistemas. Dada la alta relación perímetro-área de los corredores, la interacción con campos adyacentes es substancial, proveyendo protección a los cultivos dentro de un área de influencia, determinada por la distancia que se mueven los depredadores desde los corredores hacia cierto rango del campo.

La investigación de Altieri y Nicholls (2004,2005,2006) en viñedos orgánicos en el norte de California sugiere que la dispersión y las subsecuentes densidades de los herbívoros y sus enemigos naturales asociados, están influenciadas por las características del paisaje tales como un bosque (ribereño) que colinda con el viñedo y el corredor que se diseñó y que atraviesa el viñedo.

La presencia de los hábitats restauratorios incrementa la colonización de depredadores y su abundancia en los viñedos adyacentes, sin embargo esta influencia esta limitada por la distancia a la cual los enemigos naturales se dispersaban dentro del viñedo (Nicholls et al., 2001). El corredor, amplifica esta influencia permitiendo incrementar la dispersión y circulación de depredadores al centro del campo incrementando el control biológico especialmente en las hileras de viñas cerca del corredor (primeros 30 m). Tales observaciones sugieren que para conseguir el máximo impacto de los enemigos naturales mediante la modificación del hábitat, los agroecólogos deben mirar más allá de los límites inmediatos de las tierras agrícolas para incluir los hábitats no cultivados que separan o rodean los campos cultivados.

En esencia, este es un proceso de resfragmentación de paisajes muy alterados por la adición de una red de hábitats más estables en diferentes estados de sucesión. Estos hábitats deben realizar múltiples funciones como servir de franjas trampa perpendiculares a la dirección del viento, franjas-filtro, zonas ribereñas amortiguadoras o sistemas de producción agroforestal (Altieri y Nicholls, 2004).

Una estrategia clave en Agroecología es explotar la complementariedad y sinergia que derivan de las diferentes combinaciones de cultivos, árboles y animales en agroecosistemas que se rigen por arreglos espaciales y temporales, tales como policultivos, sistemas agroforestales y mezclas cultivo-ganadería. Esto implica la identificación del tipo de biodiversidad que es deseable mantener y/o fomentar, con objeto de llevar a cabo servicios ecológicos, y luego determinar las mejores prácticas que favorezcan los componentes de esta biodiversidad. Muchas prácticas y diseños agrícolas tienen potencial para aumentar la biodiversidad funcional mientras que otros la afectan negativamente. Lo ideal es aplicar las mejores prácticas de manejo para favorecer o regenerar el tipo de biodiversidad que mejor pueda colaborar en la sostenibilidad de los agroecosistemas, al proporcionar servicios ecológicos como el control biológico de plagas, el reciclado de nutrientes, la conservación de agua y suelo, y otros.

La función de los agroecólogos debe ser fomentar las prácticas agrícolas que aumentan la abundancia y la diversidad de los organismos benéficos epigeos e hipogeos, que a su vez proporcionan servicios ecológicos claves para los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2000).

Para que esta estrategia de diversificación se lleve más rápidamente a la práctica, es necesario un conocimiento mucho más profundo de la ecología de los parasitoides y depredadores dentro y fuera del hábitat cultivado, identificando los recursos que son necesarios para su supervivencia y reproducción (Gurr et al., 1998).

Las técnicas propuestas de manejo de hábitat deben, por supuesto, encajar en los sistemas de cultivo existentes y adaptarse a las necesidades y circunstancias de los agricultores.



Monocultivos y enfermedades de plantas

Recientemente, los fitopatólogos han reconocido el hecho de que las enfermedades epidémicas son más frecuentes en los cultivos que en la vegetación natural. Las condiciones que favorecen a un agente patógeno para que se transforme en una epidemia, están ligadas a la expansión de cultivos genética y horticultura homogéneos, tendencia común en la agricultura moderna (Zadoks y Schein, 1979).

La intensificación de la agricultura incluye prácticas variadas que favorecen las enfermedades de plantas:

1. Ampliación del tamaño de los campos
2. Homogenización genética de variedades
3. Aumento en la densidad de los cultivos huéspedes.
4. Aumento del monocultivo y eliminación de rotaciones
5. Uso de fertilización, regadío y otras modificaciones ambientales del cultivo, en especial disminución en el uso de enmiendas orgánicas en el suelo .

Existe una relación directa entre la intensidad de un cultivo y el riesgo de una enfermedad. Está claro que los sistemas extensivos de cereales y papas en Asia, Argentina o en Europa Oriental tienen menores riesgos de enfermedad que los sistemas intensivos de los EE.UU. o Europa Occidental (Zadoks y Schein, 1974). Las razones de esto se explican en la Tabla 3 donde es claro deducir que los monocultivos intensivos se caracterizan por condiciones que favorecen el desarrollo de enfermedades. Por décadas, los fitopatólogos han ideado estrategias de control de enfermedades dirigidas a:

1. Eliminar o reducir la cantidad de inóculo inicial o retardar su aparición a comienzos de la temporada
2. Disminuir o retardar la tasas de desarrollo de la enfermedad y
3. Acortar el tiempo de exposición del cultivo al agente patógeno

Las estrategias han sido variadas desde la rotación de cultivos, hasta el uso de variedades resistentes, la eliminación de hospederos alternativos, la solarización, la fertilización para acelerar el crecimiento del cultivo, etc. En Agroecología, sin embargo, las estrategias van dirigidas especialmente a modificar la inmunidad del agroecosistema mediante la diversificación genética o interespecífica de cultivos y el incremento de antagonistas para el control biológico de patógenos.

Tabla 3. Algunas características del hábitat del cultivo que influyen en el desarrollo de enfermedades

Desarrollo de la enfermedad		
	<i>Se facilita</i>	<i>Se limita</i>
Susceptibilidad del huésped	Alta	Baja
Longevidad del huésped	Prolongada	Corta

Desarrollo de la enfermedad		
	Se facilita	Se limita
Tamaño del campo	Grande	Pequeño
Siembras vulnerables	Contiguas de fenología simultánea	Dispersas de fenología escalonada
Rotación de cultivos	Monocultivos	Secuencia de cultivos no emparentados
Diversidad varietal	Homogénea	Heterogénea
Diversidad de cultivos	Baja	Media-Alta
Resistencia genética del cultivo	Vertical	Horizontal
Calidad del suelo	Pobre en materia orgánica y actividad biológica	Alto en materia orgánica y actividad biológica
Espaciamiento de cultivos	Densos	Más espaciados
Fuentes de infección	Muchas, locales	Pocas, distantes
Temporada de crecimiento	Prolongada, traslape entre especies susceptibles	Corta sin traslape

Fuente: Thresh (1981).

Diversificación genética

La diversidad genética ofrece un gran potencial para el control de los agentes patógenos. La diversidad genética se puede lograr en los campos, sembrando multilíneas o una combinación de tres o cuatro diferentes variedades, cada uno con diferentes genes de variada resistencia; o utilizando cultivares que tengan diversos genes que otorguen resistencia horizontal a varias razas de patógenos (Wolfe, 1985).

Existe mucha experiencia con monocultivos genéticamente heterogéneos de cereales, en especial avena, cebada y trigo cultivados en miles de hectáreas sin registrar pérdidas producidas por especies de roya (*Puccinia* spp.) del campo. Aparentemente, la sustitución de lo que serían plantas susceptibles en un monocultivo por una proporción de plantas resistentes, reduce la cantidad de tejido susceptible. Además, el movimiento de inóculo desde una planta susceptible a otra se ve obstaculizado por la presencia de plantas con genes resistentes.

En un reciente experimento de larga escala (3 mil hectáreas) en 15 comunidades en la provincia de Yunnan, China, se probaron 4 mezclas de variedades de arroz que redujeron substancialmente (94%) la severidad del hongo *Magnaporthe grisea*. Al cabo de 2 años el impacto fue tan aparente que no se necesitaron más aplicaciones de fungicidas y los rendimientos de arroz en las mezclas fue 89% mayor que en monocultivos (Zhu *et al.*, 2000).

Pyndji y Trutmann (1992) han sugerido complementar las combinaciones que usan actualmente los agricultores con variedades resistentes, con el fin de reducir aún más la gravedad de enfermedades determinadas. En África, este método condujo a una reducción importante de la mancha de la hoja angular en cereales y también evitó el reemplazo indiscriminado de las variedades tradicionales por nuevas variedades.

La resistencia genética vertical y horizontal también es un importante mecanismo que contribuye a la disminución de enfermedades en cultivos. La *resistencia vertical* es una resistencia que es efectiva contra algunos genotipos de una especie patógena, pero no a otros.

Se le ha dado mucho énfasis al uso de la resistencia vertical para el control de enfermedades, debido a que dicha resistencia simplemente se hereda monogenéticamente, se identifica fácilmente, y, por lo general, proporciona altos niveles de resistencia o incluso inmunidad contra genotipos frecuentes de un agente patógeno.

Para algunas enfermedades, sin embargo, el uso generalizado de la resistencia vertical puede seleccionar rápidamente genotipos virulentos de la población patógena y tornar inefectiva la resistencia genética (Browning y Frey, 1969). Debido a esto, se ha prestado gran atención a un tipo de resistencia supuestamente diferente a la que se ha denominado resistencia horizontal.

La *resistencia horizontal* no es específica a ninguna cepa y generalmente provee una resistencia incompleta (es decir, que no suprime por completo la reproducción de los agentes patógenos) y generalmente se hereda cuantitativamente. Se considera que, en general, la resistencia horizontal es más estable que la vertical.

Manejo del cultivo

Elegir el método y período apropiados de siembra proporciona un medio efectivo para escapar de los agentes patógenos. Sembrar ya sea más temprana o tardíamente puede permitir al cultivo pasar a través de una etapa vulnerable antes o después de que el agente patógeno produzca inóculo. Por ejemplo, en Inglaterra, las papas tempranas rara vez son atacadas por *Phytophthora infestans*, dado que éstas se cosechan antes de la máxima reproducción del agente patógeno.

Las variaciones en el espaciamiento de las hileras y en la profundidad de la siembra son otros métodos que pueden ayudar para que el cultivo evite el inóculo del agente patógeno (Palti, 1981). Si dos cultivos similares que comparten los mismos agentes patógenos no se siembran en forma continua, hay una buena probabilidad de que el inóculo en el suelo se muera debido a la ausencia de su huésped, o que haya sufrido una parálisis o lisis por otro microorganismo durante el barbecho. En el caso de cereales, la remoción por un año del huésped en una rotación limitará la mancha ocular causada por *Pseudocercospora herpotrichoides*.

En La India, una rotación de 4 años incluyendo trigo y arroz entre 2 cultivos de papa, reduce drásticamente la incidencia de *Streptomyces scabies*. La rotación también se puede realizar en cultivos plurianuales como el plátano, donde la incidencia de fusariosis (*Fusarium oxysporum* F. sp. *cuperie*) se puede reducir por un quiebre de 2 a 3 años durante el cual se cultiva arroz (Manners, 1993). La siembra del trigo o la cebada con leguminosas es eficaz para el control del *Gaeumannomyces graminis*.

La leguminosa proporciona algo de nitrógeno, pero una vez cosechado el cereal y durante el otoño, el nitrógeno se inmoviliza disminuyendo la actividad del *Gaeumannomyces* por la inanición nitrogenada (Campbell, 1989).

Muchos de éstos métodos de cultivo (rotación de cultivos, eliminación de huéspedes alternativos, arado profundo de los desechos de un cultivo, intercalación de cultivos no emparentados, etc.) se pueden incorporar a sistemas de producción agrícola alternativa; sin embargo, su adopción dependerá, en gran parte, de una cantidad de factores ambientales, biológicos, económicos y humanos. Claramente, las medidas de manejo se deben adaptar muy bien a las interacciones cultivo/agente patógeno/medio ambiente que ocurren en cada campo, debiendo también considerarse las demandas que aseguren un control económico, seguro y rápido de una enfermedad en particular.

Control biológico

El control biológico comprende la utilización de organismos *antagonistas* con el fin de disminuir la capacidad del agente patógeno para causar una enfermedad. La gran cantidad de métodos que se utilizan en el control biológico se puede dividir en forma general en dos grupos: *directo* en que los antagonistas se pueden introducir directamente sobre o dentro del tejido de la planta; e *indirecto* en que las condiciones del cultivo, suelo o ambiente se pueden modificar de manera de promover la actividad de los antagonistas que ocurren naturalmente (Baker y Cook, 1974). Esto incluye acciones para aumentar la microbiología benéfica alrededor de la planta.

El método directo comprende la introducción masiva de microorganismos antagónicos en el suelo, con o sin una base alimentaria, para inactivar los propágulos del agente patógeno; por lo tanto, reduciendo su número y, suprimiendo la infección (Tabla 4). Los antagonistas actúan de varias maneras incluyendo: una rápida colonización de la rizosfera de los tejidos adelantándose al agente patógeno, competencia que excluye al organismo nocivo, produciendo antibióticos o un microparasitismo o lisis del agente patógeno.

Cuando supresiones de antagonistas se aplican directamente al follaje, como el caso de *Trichoderma viride*, *Bacillus cereus* o *Gliocadium roseum*, estos microparásitos no afectan a la planta y parecen desplazar al patógeno por competencia, antibiosis o hiperparasitismo. Microflora epifítica benéfica (poblaciones de *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Penicillium* y *Trichoderma*) se puede introducir al follaje mediante aplicaciones acuosas de mezclas de compost, mostrando efectos positivos en el control biológico de enfermedades como *Uncinula necator* en uvas. Además, algunos microorganismos pueden actuar, simplemente, haciendo que la planta crezca mejor, de manera que si la enfermedad existe, sus síntomas están parcialmente ocultos.

Muchas micorrizas (VAM) que promueven la captación de fósforo en las plantas forman una barrera física o química a las infecciones previniendo a los agentes patógenos de alcanzar la superficie de la raíz. Existen ejemplos exitosos del uso de VAM en soja, tabaco, alfalfa, algodón, lechuga, cítricos y tomate contra una serie de patógenos como *Thielaviopsis basicola*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora ultimum* y varias especies de *Phytophthora* sp.

Tabla 4 Ejemplos de antagonistas estudiados para el control biológico de patógenos de las plantas

Mecanismos	Planta	Agente patógeno de la planta	Antagonista
Competencia antibiótica/antibiosis	Muchas	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Avirulenta <i>Agrobacterium</i> spp.
	Maíz	<i>Fusarium roseum</i> "Graminearum"	<i>Chaetmium globosum</i>
	Pino	<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Peniophora gigantea</i>
	Diversas	hongos diversos	<i>Trichoderma</i> spp.
	Diversas	hongos diversos	<i>Bacillus subtilis</i>
	Clavel	<i>Fusarium oxysporium</i> f. sp. <i>dianthi</i>	<i>Alcaligenes</i> spp
	Algodón, trigo	<i>Phytium</i> , <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i> <i>Pseudomonas tolaasii</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , F.sp. <i>lini</i>	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Pseudonomas tolaasii</i>
	Manzano	<i>Erwinia amylovora</i>	<i>Erwinia herbicola</i>
	Tabaco	<i>Pseudomonas solancearum</i>	Avirulenta <i>P. solancearum</i>
	Muchas	hongos diversos	<i>Gliocladium</i> spp.
Competencia por lugares de fijación	Muchas	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Avirulenta <i>Agrobacterium</i> spp
Protección cruzada	Batata dulce	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>batatas</i>	<i>F. oxysporum</i> no patogénico
	Cucúrbitas	<i>Fusarium solani</i> f.sp.	virus del mosaico de la calabaza
Hiperparasitismo	Muchas	Hongos diversos	<i>Trichoderma</i> spp.
	Girasol, frijoles (porotos)	<i>Sclerotinia</i> spp.	<i>Coniothyrium minitans</i>
	lechuga	<i>Sclerotinia</i> spp.	<i>Sporodesmium sclerotivorum</i>
	remolacha	<i>Phytium</i> spp.	<i>Phytium oligandrum</i>
	pepino, frijoles (porotos)	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Laetisaria arvalis</i>
	pepino	mildeu	<i>Ampelomyces grisqualis</i>
	Centeno y otros cereales	cornezuelo del centeno	<i>Fusarium roseum</i> "hetro sporum"
Hipovirulencia	castaño	<i>Endothia parasitica</i>	Mycovirus
Parasitismo	Soja	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>glycinea</i>	<i>Bdellvibrio bacteriovorus</i>
Predación		hongos diversos	<i>Arachnula impatiens</i>

Fuente: Schroth y Hancock, (1985)

Manejo del suelo

Altieri y Nicholls (2004) señalan que desde el punto de vista de las enfermedades se ha observado que los suelos ricos en materia orgánica presentan generalmente, buena fertilidad así como unas complejas cadenas tróficas y organismos beneficiosos que evitan las infecciones causadas por organismos patógenos, tales como *Phytophthora* y *Rhizoctonia* (Hendrix et al., 1990). Por otro lado, prácticas agrícolas como altas aplicaciones de abono nitrogenado pueden causar desequilibrios nutricionales y hacen que los cultivos sean susceptibles a enfermedades por *Phytophthora* y *Fusarium* y estimulan los ataques de insectos homópteros, tales como áfidos y cicadélidos (Campbell, 1989). De hecho, hay una creciente evidencia de que los cultivos que se desarrollan en suelos ricos en materia orgánica y biológicamente activos son menos susceptibles al ataque de fitófagos.

Muchos estudios sugieren que la susceptibilidad fisiológica de los cultivos a las plagas de insectos y a patógenos puede ser afectada por el tipo de fertilizante utilizado (orgánico o químico).

Hay abundante literatura sobre los beneficios de enmiendas orgánicas al estimular los antagonistas autóctonos que favorecen el control biológico de las enfermedades de las plantas. Varias especies de bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*, así como el hongo *Trichoderma*, son antagonistas claves que suprimen patógenos a través de competencia, lisis, antibiosis o hiperparasitismo (Palti, 1981).

Hasta ahora, el método más prometedor para incrementar microbiología benéfica en el suelo es mediante la adición de materia orgánica en la forma de compost o abonos verdes. Mientras más materia orgánica se aplica más posibilidades hay de que aumenten las poblaciones de antagonistas. A medida que la actividad microbiana aumenta, algunos antagonistas provocan producción de enzimas defensivas en el huésped. Algunos autores sugieren que organismos no parasíticos de la rizosfera limitan las epidemias al "inducir" resistencia o al sensibilizar el tejido de la planta para reaccionar rápido con sus mecanismos de defensa cuando ataca el patógeno (Baker y Cook, 1974).

La incorporación de abonos verdes ha sido muy eficaz para el control biológico de algunos patógenos. En el suroeste de Estados Unidos, un cultivo de arvejas verdes o sorgo arado antes de cultivar algodón, proporciona un control excelente de *Phytophthora*. La eficacia de los cultivos de cobertura de leguminosas para el control de muchas enfermedades ha sido ampliamente demostrado.

Los residuos de leguminosas son ricos en nitrógeno y carbono proporcionando también vitaminas y sustratos más complejos. La actividad biológica se torna muy intensa en respuesta a estas enmiendas que aumentan la fungistasis y el lisis del propágulo. El compost derivado de diversos materiales orgánicos se ha utilizado para controlar las enfermedades causadas por *Phytophthora* y *Rhizoctonia*. Los principales factores de control parecen ser el calor que emerge del compost así como también los antibióticos producidos por *Trichoderma*, *Gliocladium* y *Pseudomonas*. La Tabla 5 proporciona ejemplos específicos del aumento de

antagonistas que causan enfermedades mediante la adición de enmiendas orgánicas al suelo.

Tabla 5. Enmiendas orgánicas que reducen algunas enfermedades causadas por hongos de origen edáfico

ENFERMEDAD DEL CULTIVO	AGENTE PATÓGENO	ENMIENDA ORGÁNICA
Marchitamiento de la papa	<i>Verticillium albo-atrum</i>	paja de cebada
Costra de la papa	<i>Streptomyces scabies</i>	Soja
Costra negra de la papa	<i>Rhizoctonia solani</i>	
Pudrimiento de la raíz del frijol (poroto)	<i>Thielaviopsis basicola</i>	paja de avena, forraje de maíz, heno de alfalfa
Pudrimiento de la raíz de la arveja	<i>Aphanomyces euteiches</i>	Residuos de crucíferas
Pudrimiento de la raíz del algodón	<i>Macrophomina ojasoikuba</i> <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	grano de alfalfa, paja de cebada arvejas, <i>Melilotus officinalis</i>
Marchitamiento del plátano	<i>F. oxysporum</i> sp. <i>cubense</i>	residuos de caña de azúcar
Pudrimiento de la raíz del aguacate	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	grano de alfalfa
Pudrimiento de la raíz de las plantas ornamentales	<i>Phytophthora</i> , <i>Phytium</i> <i>Thielaviopsis</i> spp.	corteza del árbol con compost
Take-all del trigo	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	Residuos de colza, arveja o leguminosas
Mancha ocular del trigo	<i>Pseudocercospora</i> sp.	Leguminosas

Fuente: Palti, 1981

En el caso de nematodos algunos abonos orgánicos afectan negativamente sus poblaciones. Cultivos de cobertura de invierno como trigo, o de verano como sorgo pueden usarse efectivamente para suprimir *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchus reniformis*. Por otro lado, hay ciertas plantas que ejercen efectos nematicidas. Estas especies incluyen: *Ricinus communis*, *Crotalaria spectabilis*, *Indigofera hirsuta*, *Digitaria decumbens*, *Cassia fasciculata*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna* spp. y varias especies de *Tagetes* (McSorley, 1998).

Reguladores biológicos de plagas

El objetivo de la estrategia agroecológica para lograr una productividad agrícola sustentable es socavar la estructura del monocultivo, así como la dependencia de insumos externos al diseñar agroecosistemas integrales. Éste es el único acercamiento con posibilidades de considerar tanto los aspectos socioeconómicos de la crisis --al reducir la dependencia de costosos insumos externos, sean éstos biológicos o químicos-- como la devastación ecológica de la agricultura industrial moderna. No sólo es posible detener la continua degradación de la base productiva de la agricultura, sino que puede incluso ser revertida, ya que muchas de las tecnologías agroecológicas han demostrado que permiten la recuperación de ecosistemas degradados.

En general, las tecnologías agroecológicas son económicamente viables y ambientalmente acertadas, ya que por una parte reducen los costos de producción al descansar sobre los recursos locales y, por otra, promueven una estructuración biológica eficiente, lo cual a su vez asegura el funcionamiento del sistema. Los agricultores que se deciden por esta opción pueden **depender de los recursos bióticos y las fuentes de insumos locales**, en lugar de los insumos externos, lo cual resulta en considerables beneficios sanitarios, ambientales y socioeconómicos.

Una de las razones más importantes para restaurar y mantener la biodiversidad en la agricultura, es el que ésta presta una gran variedad de servicios ecológicos. Uno de estos servicios es la regulación de la abundancia de organismos indeseables a través de la depredación, el parasitismo y la competencia (Altieri, 1995). Probablemente cada población de insectos en la naturaleza es atacada en alguna medida por uno o más enemigos naturales. Así, depredadores, parasitoides y patógenos actúan como agentes de control natural que, cuando son adecuadamente manejados, pueden determinar la regulación de poblaciones de herbívoros en un agroecosistema particular. Esta regulación ha sido llamada **control biológico** y ha sido definida por DeBach (1964) como “la acción de parasitoides depredadores o patógenos para mantener la densidad de la población de un organismo plaga a un promedio menor del que ocurriría en su ausencia.” Dependiendo de como se practique, el control biológico puede ser autosostenido y se diferencia de otras formas de control porque actúa dependiendo de la densidad de la población de plagas. De esta manera los enemigos naturales aumentan en intensidad y destruyen la mayor parte de la población de plagas en la medida que ésta aumenta en densidad, y viceversa (DeBach y Rosen, 1991).

En un sentido estrictamente ecológico, **la aplicación del control biológico** puede ser considerada como una estrategia válida para restaurar la biodiversidad funcional en ecosistemas agrícolas, al adicionar entomófagos “ausentes” mediante las técnicas clásicas o aumentativas de control biológico, o incrementando la ocurrencia natural de depredadores, parasitoides y microorganismos entomopatogenos a través de la conservación y el manejo del hábitat.

En este capítulo se discute el rol que juegan los depredadores, parasitoides en los agroecosistemas, y se analizan las diferentes estrategias usadas en control biológico para emplear insectos entomófagos en la regulación de poblaciones de plagas en la agricultura.

ENEMIGOS NATURALES

A pesar de la amplia gama de organismos reportados en su acción como controladores naturales de insectos plaga, malezas o enfermedades, desde el punto de vista del control biológico convencional, los organismos usados como agentes de control biológico son clasificados en cuatro categorías: parasitoides, depredadores, patógenos y antagonistas.

Características deseables de los enemigos naturales:

Los atributos que deben cumplir tanto los parasitoides como los depredadores incluyen:

- Ser fáciles de criar en laboratorio y ser capaces de sobrevivir bajo condiciones de campo
- Tener alta capacidad de búsqueda (ser capaz de localizar el huésped o la presa) y congregarse en áreas con alta densidad de la plaga, de forma que la población de la plaga se disminuya a niveles que no cause daño
- Ser específico y sincrónico con el ciclo de vida de la plaga, con el propósito de mantener un efecto supresivo efectivo.
- Inicialmente destruir grandes números de la plaga, y posteriormente responder rápidamente a posibles incrementos de la población de la plaga bajo condiciones de estrés climático
- Mantenerse en el área aun después de que las poblaciones de la plaga se hayan disminuido
- Que su uso sea lo suficientemente barato para el agricultor.

Tipos de agentes de control biológico

Los enemigos naturales son los agentes usados en el control biológico y son el recurso fundamental del cual depende el éxito del control biológico.

Los agentes provienen de una gran variedad de grupos taxonómicos y de propiedades biológicas y poblaciones muy diversas. Estas características juegan un gran papel en el éxito o fracaso asociado con el uso de un grupo particular de enemigos naturales. Es por esto que una detallada apreciación de la biología, hábitos y comportamiento de los diferentes grupos de enemigos naturales es de gran valor.

El Rol e Impacto de los Depredadores

Los hábitos depredadores están bien distribuidos en la clase Insecta y Arácnida y pueden ser encontrados en un gran número de órdenes y familias. Los insectos depredadores que han sido introducidos se usan para el control de plagas exóticas, y los depredadores nativos son de mayor importancia en la supresión tanto de plagas nativas como exóticas. Los depredadores más reconocidos frecuentemente como importantes supresores de plagas en los sistemas agrícolas y forestales incluyen más de 32 familias (Tabla 6). De estas, las familias Anthocoridae,

Pentatomidae, Reduviidae, Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Cecidomyidae, Syrphidae, y Formicidae son dentro de los depredadores las más comúnmente encontradas atacando especies de plagas en los cultivos. Las arañas son casi todas depredadoras (Foelix, 1982) y aunque no se especializan por ciertas especies de presas, estas sí muestran especialización en sus habitats. El rol complejo de las arañas en la supresión de ciertos grupos de plagas en algunos cultivos y otros habitats ha sido reconocido en los últimos años (Nyffler y Benz, 1987; Bishop y Riechert, 1990).

Los ácaros son un grupo importante de plaga en los sistemas agrícolas, y aunque no tienen parasitoides para su control, estos se han mantenido a niveles por debajo del nivel económico mediante el uso de depredadores. Entre estos se encuentran los thrips depredadores, algunos coccinélidos y los más importantes, los ácaros de la familia Phytoseiidae.

Babosas y caracoles han sido atacadas por caracoles depredadores, moscas de la familia Sciomyzidae (cuyas larvas encuentran y matan una o varios caracoles durante su desarrollo) y algunos escarabajos de la familia Carabidae.

Los depredadores vertebrados que atacan insectos plagas son diversos e incluyen pájaros insectívoros, pequeños mamíferos, lagartijas, anfibios y peces, algunos de los cuales han sido usados en el pasado como agentes de control biológico (Davis et al., 1976). Mientras los pájaros y los pequeños mamíferos generalmente no son usados como agentes para la introducción contra plagas exóticas, especies nativas se consideran como un recurso importante de mortalidad de algunas especies de plaga, particularmente en ambientes estables tales como bosques (Bellows, et al., 1982; Zhi-Qiang Zhang, 1992).

Los peces, por el contrario han sido utilizados principalmente a través de liberaciones aumentativas en cuerpos de agua para el control de la larva de mosquitos (Miura et al., 1984.)

Tabla 6. Familias más importantes de depredadores de artrópodos

Neuróptero Chrysopidae Hemerobiidae	Thysanoptera (thrips) Aeolothripidae Phloeothripidae Thripidae
Díptera Cecidomyiidae Chamaemyiidae Sciomyzidae Syrphidae	Hemíptera Anthocoridae (chinche pirata) Gerridae Miridae Nabidae Pentatomidae Reduviidae Veliidae Phasmatidae
Hymenoptera Formicidae Vespidae Sphecidae	Coleoptera Carabidae Cicindelidae Dytiscidae Cleridae Coccinellidae

	Cybocephalidae Staphylinidae
Araneae (Arañas)	Acari Phytoseiidae Stigmaeidae Hemisarcoptidae

Los artrópodos depredadores pueden ser encontrados en casi todos los hábitats agrícolas y naturales. Cada grupo tiene diferente ciclo de vida y hábitat. En muchos casos, se tiene bastante información de algunas especies de depredadores, pero en otros casos, la falta de información es evidente.

Las principales características comunes de los depredadores son:

- Los adultos e inmaduros son usualmente generalistas en lugar de específicos.
- Generalmente son de mayor tamaño que su presa.
- Matan o se alimentan de un gran número de individuos. Las arañas que son generalistas matan mas presas que las que consumen.
- Tanto los individuos inmaduros como adultos pueden ser depredadores.
- Atacan presas inmaduras y adultas.
- Los depredadores requieren de polen y néctar como recurso alimenticio adicional

La mayoría de los depredadores se alimentan de un gran número de insectos plaga durante su desarrollo, pero algunos son más eficaces que otros en el momento de controlar a las plagas.

Los estados juveniles usan su presa para su desarrollo y crecimiento, mientras que los adultos usan sus presas para su mantenimiento y reproducción. Los insectos depredadores se alimentan en todos los estados de presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos.

Desde el punto de vista de los hábitos alimenticios existen dos tipos de depredadores, los masticadores: *Coccinellidae* y los escarabajos del suelo *Carabidae*, los cuales simplemente mastican y devoran sus presas, y aquellos con aparatos bucales succionadores que chupan los jugos de sus presas: chinches asesinos *Reduviidae*, larvas de crysopa *Chrysopidae*, larvas de las moscas *Syrphidae*, etc.

El insecto que se alimenta por medio de la succión generalmente inyecta una sustancia tóxica que rápidamente inmoviliza la presa. Muchos depredadores son ágiles, feroces cazadores, y activamente capturan sus presas en el suelo o en la vegetación como lo hacen los escarabajos, las larvas de crysopa y los ácaros, o los cazan en vuelo, como las libélulas y las moscas de la familia Asilidae (Huffaker y Menssenger, 1976).

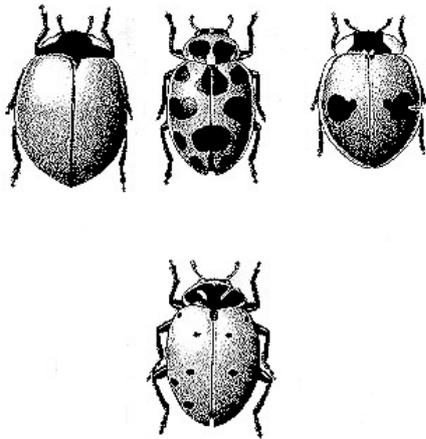
Muchas especies son depredadores tanto en el estado larval como en el estado adulto, aunque no necesariamente sea el mismo tipo de presa la que casen. Otros son depredadores solamente en el estado larval, mientras que como adultos tan sólo se alimentan de néctar, mielecilla, etc. Algunos proveen presas para sus larvas,

depositando sus huevos entre sus presas, ya que en algunas ocasiones las larvas son incapaces de encontrarlas por si mismas (DeBach y Rossen, 1991).

Los insectos depredadores se encuentran en 9 ordenes: Ortóptero, Dermaptera, Thysanoptera, Hemíptero, Neuróptero, Coleoptera, Lepidóptero, Díptera, e Hymenoptera. Los de mayor importancia son: Coleoptera Hemíptero, Díptera, e Hymenoptera. Los de mayor importancia son: Coleoptera Hemíptero, Díptera, e Hymenoptera. Las principales familias se encuentran descritas a continuación:

Algunos ejemplos de insectos depredadores

Coccinellidae. Este es el grupo mas importante de depredadores para el control biológico tanto de plagas exóticas como nativas. Estos depredadores ayudan a suprimir las plagas a través de liberaciones aumentativas en invernaderos, inoculaciones estacionales en otros cultivos y mediante su conservación en áreas alrededor de los cultivos.



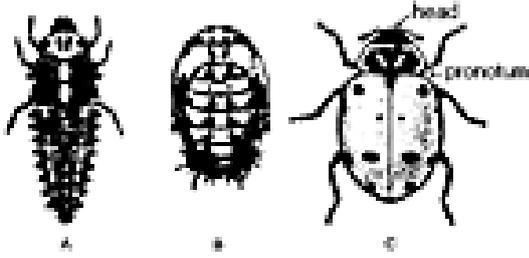
Estos depredadores conocidos comúnmente como mariquitas, chinitas, etc., dependiendo del país, pertenecen al orden Coleóptero y son depredadores generalistas que están más o menos bien distribuidos a través de todo el mundo. Las mariquitas se encuentran entre los enemigos naturales más visibles y más conocidos

Adultos y larvas de coccinélidos se alimentan de ácaros y un gran numero de insectos incluyendo áfidos, moscas blancas, escamas, thrips y pseudococcidae, principalmente se alimentan de áfidos. Algunas especies



prefieren ciertas especies de áfidos, mientras otras son más generalistas. Si sus presas son escasas, los adultos y las larvas pueden alimentarse de huevos de polillas y escarabajos, ácaros, thrips y larvas de otros insectos pequeños, así como de polen y néctar.

Las mariquitas son comúnmente de color rojo, anaranjado o amarillo con manchas de color negro. Algunas otras son de color negro con machas rojas. Poseen larvas en forma de lagarto. Los adultos miden aproximadamente 5mm de largo, son de cuerpo oval, y tienen sus elitros de color naranja o rojo con manchas de color café o negras.



Las mariquitas son depredadores voraces y pueden estar presentes en gran número en lugares donde la presa es abundante y el uso de insecticidas de amplio espectro es limitado. Las larvas de algunas especies pueden consumir su propio peso en áfidos por día, y los adultos más de 50 áfidos. Las larvas de la mariquita de siete manchas

(*Coccinella septempunctata*) pueden consumir de 200 a 300 áfidos por día, los adultos más de 100 áfidos. Las mariquitas son efectivas si los áfidos son abundantes (altas densidades), pero se piensa que son menos efectivas cuando la población de áfidos es menos densa.

Carabidae. La mayoría de los carábidos son depredadores generalistas y viven en



o cerca del suelo, donde se alimentan especialmente en la noche. Algunas especies viven en el suelo y trepan al follaje de las plantas para alimentarse. Los carábidos son pequeños (8-25 mm de largo) y son de colores oscuros o metálicos.

En cuanto al tipo de presas consumidas por los carábidos, en observaciones realizadas después de la disección de miles de carábidos de 24 especies, se ha evidenciado la presencia de restos de áfidos, arañas, larvas y adultos de lepidópteros, larvas de dípteros, ácaros, himenópteros, homópteros, escarabajos, colembolos y opiliónidos. Estudios similares realizados en Bélgica encontraron restos de larvas de lepidópteros, anélidos, nematodos, himenópteros, huevos y larvas de escarabajos, ciempiés, moluscos, esporas e hifas de hongos, así como semillas de plantas (Lovei y Sunderland, 1996).

Muchas especies son depredadores importantes en forraje, cereales y cultivos en franjas (Hance y Gregoire-Wibo, 1987). Algunas de las prácticas agrícolas que han sido investigadas para conservar los carábidos incluyen mantener ciertas malezas en los campos, cultivos de cobertura, mulch y la aplicación de estiércol (Carter, 1987).

Staphylinidae. La familia Staphylinidae representa el mayor número de escarabajos



de Norteamérica. La mayoría de los stafilinidos son depredadores y se encuentran donde hay abundante materia orgánica. Algunas especies son importantes depredadores de huevos y larvas de moscas que atacan las raíces jóvenes de cebolla, repollo y brócoli (Axtell, 1981).

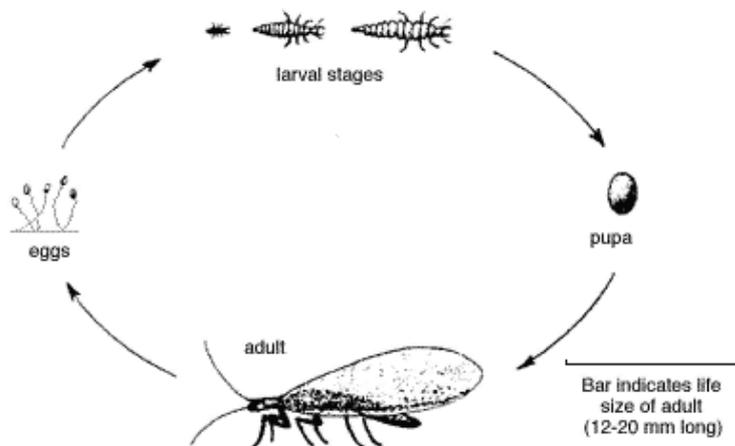
Chrysopidae. Los adultos se alimentan únicamente de néctar, polen y mielecilla de los áfidos, pero sus larvas son depredadores activos.

Estos insectos son fácilmente encontrados en arbustos y tanto los adultos como las larvas son depredadores de áfidos, moscas blancas, y huevos de varias especies incluyendo *Helicoverpa* (Lepidóptero: Noctuidae).



Los adultos son de color verde pálido, miden de 12 a 20 mm de longitud, tienen antenas largas, y los ojos son de color dorado brillante. Poseen alas largas, verde transparente y un cuerpo delicado. Son voladores activos, particularmente durante la noche.

Los huevos son usualmente depositados al final de un pedúnculo sedoso sobre la vegetación, son de forma oval y de color verde pálido y miden cerca de 1.5 mm en diámetro.

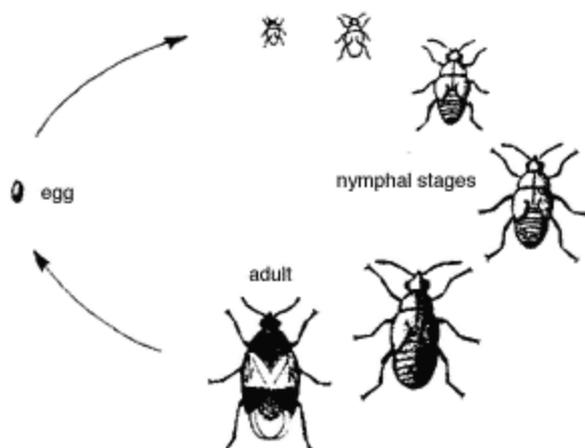


Las larvas, las cuales son muy activas, son de color gris o café, poseen patas bien desarrolladas y tenazas o pinzas largas con las cuales absorben los fluidos corporales de sus víctimas.

El tamaño de las larvas es de aproximadamente 1.5 - 3 mm de largo, son conocidas como "los leones de los áfidos", y tienen un cuerpo

que termina en una cola.

Anthocoridae. Orius spp. (Hemíptero: Anthocoridae). Los adultos miden 3 mm de longitud, son de forma oval, y sus alas son de color negro con parches blancos. Las alas se extienden más allá del cuerpo. Las ninfas son pequeñas, sin alas, de color amarillo-anaranjado y café, en forma de gota de agua y se mueven rápidamente. Tanto adultos como inmaduros se alimentan de los jugos de su presa introduciendo su estilete en el cuerpo de la víctima. También pueden alimentarse de polen y de la savia de las plantas cuando sus presas están ausentes. *Orius* habita, por lo general, en cultivos de algodón, maní, alfalfa, maíz, arveja, fresa y pastizales.



Ambos, adultos y ninfas se alimentan de una variedad de presas incluyendo thrips, ácaros, áfidos, huevos de otros insectos y pequeñas larvas de lepidópteros. *Orius* toma a su presa con sus patas delanteras e inserta su estilete en el cuerpo de la víctima, generalmente varias veces, hasta que el cuerpo blando es vaciado y queda solo el exoesqueleto. Se ha reportado que es un importante depredador de

los áfidos del tabaco, pero se cree que los thrips y ácaros son básicos en su dieta. Entre otras presas se incluyen: taladrador europeo del maíz, áfidos del maíz, áfidos de la papa, ninfas del saltarín de la papa, psyllidos y huevos de muchos insectos.

Las hembras ponen huevos pequeños dentro de los tejidos de las plantas, dos a tres días luego del apareamiento. Estos eclosionan luego de tres a cinco días. Las ninfas atraviesan por cinco estadios. El desarrollo de huevo a adulto toma un mínimo de 20 días bajo condiciones óptimas. Las hembras pueden poner un promedio de 129 huevos durante su vida que es de 35 días.

Tanto los adultos como los inmaduros pueden consumir más de 30 ácaros por día. Para mantener las poblaciones de este depredador se recomienda la rotación de cultivos y policultivos. También se puede sembrar plantas con flores como alternativa alimenticia cuando escasean sus presas.

Nabidae. Muchos nabidos son depredadores y son comúnmente encontrados en pastos y en plantas herbáceas pequeñas. Los nabidos se alimentan de huevos de insectos, áfidos, y otros insectos lentos, de tamaño pequeño, y de cuerpos blandos. *Nabis ferus* es bien conocido como depredador de el psyllido de la papa, *Paratrioza cockerelli* (Homóptero: Psyllidae) y el cicadelido de la remolacha, *Circulifer tenellus* (Homóptero: Cicadellidae).



Los adultos y las ninfas de *Nabis* sp. se encuentran en cultivos anuales tales como alfalfa y en algunos huertos de frutales. Casi siempre este depredador aparece al final de la estación y tienen la característica de moverse rápidamente cuando son disturbados. Entre las principales presas que consumen se encuentran: áfidos, cicadelidos, ácaros, thrips

y larvas pequeñas.

Syrphidae. Los adultos de muchas especies de syrphidos son de colores brillantes y se asemejan a avispas o abejas, Las moscas *Syrphidae*: son los depredadores más comunes dentro del grupo de los dípteros. Cientos de especies ocurren en Norte América y aproximadamente existen 6,000 especies en el mundo. Los syrphidos son conocidos por ser importantes depredadores de algunas especies de áfidos (Hagen and Van den Bosch, 1968), y algunos syrphidos han sido introducidos para



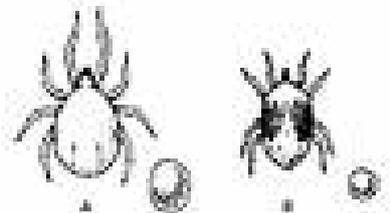
controlar algunas especies de áfidos exóticas.

Los adultos son de tamaño mediano, y comúnmente tienen unas bandas amarillas y negras en el abdomen. Aunque muchas especies de syrphidos parecen abejas, estos no pican. Los syrphidos se pueden distinguir de las abejas porque solo tienen un par

de alas y por su forma de volar característica. Los huevos son de forma oval, diminutos (0.1 a 0.3 mm) y de color blancuzco a gris y están cubiertos con una superficie cruzada, son depositados individualmente cerca a las colonias de áfidos o de otras presas.

Las larvas son de color verde y carecen de los característicos espiráculos anales proyectados. Las larvas usualmente presentan una cutícula mas opaca. Las larvas usualmente son de mayor tamaño y más coloreadas que los áfidos y son las que ejercen la acción de predación. Los adultos son activos durante todo el año en un clima moderado. Las larvas pasan por tres instares antes de enupapar en la planta. La pupa es de color verde oscuro a café oscuro y con forma de pera. Posteriormente emerge el adulto. Pueden tener varias generaciones por año.

Ácaros depredadores: Los ácaros depredadores se encuentran entre los agentes más efectivos de control biológico disponibles comercialmente. Los ácaros depredadores son del mismo tamaño que los ácaros plaga, usualmente son de forma de gota, son de color rojo-anaranjado, café o bronce. Se mueven rápidamente a través de las colonias de ácaros plaga en busca de sus presas. Los huevos tienen forma oval, en contraste con los huevos de ácaros plaga que son de forma esférica.



Los ácaros habitan en casi todos los cultivos atacados por ácaros plaga y thrips. Atacan a todas las etapas de desarrollo de los ácaros plaga, thrips (especialmente inmaduros) y a algunos otros insectos y huevos pequeños. Su ciclo de vida (huevo-adulto) puede tomar de pocos días a algunas semanas, dependiendo de la especie, la temperatura y la humedad. Las especies disponibles comercialmente, poseen tasas altas de reproducción, su ciclo de vida es corto y se adaptan perfectamente al ciclo de vida de su presa. La mayoría de estos ácaros no soportan temperaturas extremadamente frías como las del invierno.

Los ácaros depredadores pueden alcanzar a su presa en lugares que son inaccesibles por los agroquímicos.

Han sido usados tanto en cultivos bajo invernadero como en campo abierto en varios países con excelentes resultados. Algunas especies de ácaros depredadores, particularmente *Phytoseiulus*, se encuentra entre los pocos agentes de control biológico que únicamente se alimenta de ácaros plaga; si no los encuentran, mueren de hambre.

Los ácaros de la familia Phytoseiidae emplean olores (kairomonas) asociados con las plantas infestadas de ácaros plaga, para localizar a su presa. Debido a su voracidad, en la mayoría de los casos, *P. persimilis* acaba con toda la población de ácaros plaga, por lo que tiene que ser reintroducido eventualmente. Se requiere que la humedad relativa del ambiente sea mayor al 60% para que este depredador sobreviva. *P. persimilis* se encuentra ampliamente disponible.

Arañas



Entre los depredadores más ignorados y menos entendidos se encuentran las arañas, las cuales pueden tener un tremendo efecto estabilizador en sus presas. Las arañas dependen de un complejo ensamble de presas. El resultado, es una comunidad diversa de arañas que mantiene el control sobre una población de presas asociada sin llegar a extinguirla. De esta forma, las

arañas funcionan como reguladores que limitan el crecimiento exponencial inicial de una población específica de presas (Riechert y Lockley, 1984).

Todas las arañas son depredadoras y algunas son lo suficientemente venenosas a los humanos. Las arañas están agrupadas en 60 familias, las cuales su clasificación es aun incierta.

El rol de las arañas en el control biológico es diferente que el de los parasitoides, los cuales han sido usados extensivamente a través de introducciones a nuevos lugares para el control de plagas exóticas. La mayoría de las arañas no poseen especificidad por las presas, pero si muestran una especificidad por sus habitats. Por lo tanto, las arañas son poco utilizadas para la introducción a nuevas regiones para controlar plagas específicas, pero por el contrario son utilizadas en sistemas agrícolas que usen prácticas que conserven las arañas nativas para la eliminación de algunos grupos de insectos plaga en los cultivos. Riechert y Bishop (1990) documentan experimentalmente el impacto de las arañas en las plagas.

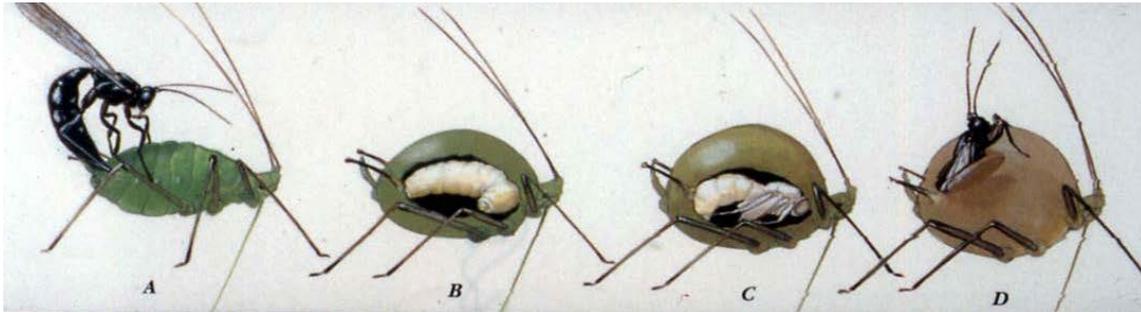
Algunas características de la biología de las arañas que tienen una influencia importante en su acción como controladores biológicos incluyen: la habilidad de muchas especies para colonizar nuevas áreas a través de vuelo suspendido, la cantidad relativa de arañas por unidad de área en el campo y la capacidad de respuesta de sus movimientos dentro y fuera de los cultivos para encontrar las condiciones óptimas de calor y humedad.

En los sistemas agrícolas, cuando la densidad de la presa alcanza un umbral mínimo, los depredadores se pueden incrementar mediante liberaciones directas en los campos, como en el caso de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera Chrysopidae), varias especies de la familia Coccinellidae (Coleoptera), *Geocoris* (Hemíptero: Geocoridae), *Nabis* (Hemíptero: Nabidae), y ácaros *Phytoseiidae*, o proporcionando alimento suplementario (Ej. soluciones azucaradas, polen, productos a base de levadura, etc.) para retener o atraer especies de depredadores específicos a los campos de cultivo (Huffaker y Messenger, 1976). Otra alternativa es incrementar los recursos y las oportunidades ambientales para los depredadores, y esto se logra a través de diseños diversificados de cultivos tanto en el tiempo como en el espacio (Altieri, 1994). De esta forma, se espera atraer a diferentes tipos de insectos, algunos de los cuales pueden servir como alimento alternativo para los insectos benéficos en el campo especialmente en épocas de bajas poblaciones de plagas.

De esta manera varios insectos benéficos pueden permanecer en el área y posteriormente alimentarse de las poblaciones de insectos plaga que comienzan a invadir el cultivo.

El Rol e Impacto de los Parasitoides

Los parasitoides son parasíticos en sus estados inmaduros, pero son libres como estado adulto. A diferencia de los parásitos, los parasitoides siempre matan a sus huéspedes, sin embargo, el huésped puede ser capaz de completar la mayoría de su ciclo de vida antes de morir.



Los insectos parasitoides tienen un ciclo de vida inmaduro que se desarrolla dentro o fuera de su hospedero, el cual, finalmente muere; por ello el valor de los parasitoides como enemigos naturales. La mayoría de los insectos parasitoides atacan únicamente a una determinada etapa del ciclo de vida de una o varias especies relacionadas del hospedero.

El parasitoide inmaduro se desarrolla dentro o fuera del insecto plaga, alimentándose de sus fluidos corporales y de sus órganos. El parasitoide emerge para pupar o bien en estado adulto. El ciclo de vida del insecto plaga generalmente coincide con el del parasitoide. Por ejemplo, el adulto de una microavispa coloca un huevo dentro de un áfido adulto, y luego de este huevo emerge una larva que se alimenta internamente en el cuerpo del pulgón hasta provocarle la muerte. El pulgón muerto queda en estado momificado del cual emerge un parasitoide adulto.

Un parasitoide necesita de un huésped para completar su ciclo de vida. El adulto madura y el huésped muere. El resultado es básicamente que el huésped (el cual puede ser plaga) pierde y el enemigo natural gana. Esto es el balance en favor de la población del parasitoide la cual se incrementa, lo que es la base del control biológico.

Como adultos, la mayoría de los parasitoides buscan su huésped donde colocan sus huevos o cerca de él. Algunos huéspedes son muertos aun sin haber sido parasitados, simplemente al tratar de introducir el ovipositor el parasitoide mata al huésped y el exudado de la hemolinfa es tomado por el parasitoide como recurso nutritivo. Los parasitoides son usualmente muy específicos, aunque algunos de ellos atacan huevos de varias especies de lepidópteros, tal como la avispa *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Principales características de los insectos parasitoides:

- Son específicos en cuanto a su hospedero.
- Son más pequeños que su hospedero.
- Únicamente la hembra busca al hospedero.
- Varias especies diferentes de parasitoides pueden atacar las diferentes etapas del ciclo de vida del hospedero.
- Los huevos o larvas de los parasitoides son depositados cerca, dentro o en la superficie del hospedero.
- Los estados inmaduros se desarrollan dentro o fuera del hospedero.
- Los adultos son de vida libre y también pueden ser depredadores.
- Los estados inmaduros casi siempre matan al hospedero.
- Los adultos requieren de polen y néctar como alimento suplementario

Cerca del 15% de todos los insectos son parasiticos (Askew, 1971). Como hay posiblemente mas de 1 millón de especies de insectos, es posible que aproximadamente 150,000 especies sean potenciales agentes de control biológico. Cerca de dos tercios de los enemigos naturales introducidos en programas de control biológico han sido parasitoides pertenecientes al orden Hymenoptera y en menor grado en el orden Díptera. (Hall and Ehler, 1979, Greethead, 1986). Mientras el uso de parasitoides comprende al menos 26 familias, ciertos grupos presentan la mayoría de especies empleadas en los proyectos de control biológico. Por ejemplo el grupo más usado dentro de los Hymenoptera ha sido de las familias Braconidae e Ichneumonidae de la superfamilia Ichneumonoidea y Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae y Aphelinidae en la superfamilia Chalcidoidea. Además de constituir importantes agentes de control biológico, estos grupos también juegan un papel importante como factores de mortalidad para muchos insectos bajo condiciones naturales.

La mayoría de los parasitoides adultos requieren de alimento suplementario tales como miel, polen o néctar. Muchos se alimentan de los fluidos del cuerpo de sus huéspedes, como ya se menciona anteriormente. Otros como adultos requieren sólo de agua (DeBach y Rossen, 1991).

Los parasitoides se pueden categorizar como ectoparasitoides, los cuales se alimentan externamente de sus huéspedes, y como endoparasitoides, los cuales se alimentan internamente. Los parasitoides pueden tener una generación (univoltinos) por una generación del huésped, o dos o más generaciones (multivoltinos) por cada una de los huéspedes. El ciclo de vida de los parasitoides es usualmente corto, algunos alcanzan desde 10 días hasta 4 semanas aproximadamente a mediados del verano, pero correspondientemente los ciclos son más largos en clima frío.

ECTOPARASITOIDE	ENDOPARASITOIDE	SIMPLE O PRIMARIO	MULTIPLE
Depositán sus huevos sobre la superficie de sus hospederos.	Depositán sus huevos dentro del cuerpo de su huésped.	El desarrollo de una sola especie a expensas de un huésped.	Cuando dos o mas especies de parasitoides primarios atacan un solo huésped

PARASITOIDE SOLITARIO	PARASITOIDE GREGARIO
Si de cada huésped se desarrolla un solo parasitoide.	Se desarrolla mas de un parasitoide de una especie en un solo huésped.

PARASITOIDE SIMPLE O PRIMARIO	PARASITOIDE SECUNDARIO	PARASITOIDE MONOFAGO	PARASITOIDE OLIGOFAGO	PARASITOIDE DE POLIFAGO
Los que atacan insectos que no son parasitoides	Cuando su huésped es un insecto parasitoide primario	Ataca a una sola especie de insecto	Ataca a un numero pequeño de especies	Ataca a muchas especies diferentes

Los insectos depredadores matan o inhabilitan inmediatamente a su presa; en cambio, los insectos plaga atacados por los parasitoides mueren más lentamente. Algunos huéspedes son paralizados, mientras otros continúan alimentándose y poniendo huevos antes de sucumbir al ataque. Los parasitoides completan su ciclo de vida más rápidamente que los depredadores.

Los parasitoides pueden ser los enemigos naturales dominantes y más efectivos de algunos insectos plaga, pero su presencia no puede ser obvia. En muchas ocasiones, es necesario determinar su diseminación, así como recoger muestras de los insectos plaga para observar si están siendo atacados y emergen individuos adultos

Los parasitoides de insectos han sido encontrados en diferentes órdenes, de los cuales los principales se discuten a continuación.

Algunos ejemplos de insectos parasitoides Dípteros

12 familias de Díptera contienen algunas especies donde las larvas son parasitoides de artrópodos y babosas: Acroceridae, Nemestrinidae, Bombyliidae, Phoridae, Pipunculidae, Conopidae, Pyrgotidae, Sciomyzidae, Cryptochetidae, Calliphoridae, Sarcophagidae y Tachinidae. De estas solo Tachinidae ha tenido una mayor importancia como agente de control biológico introducido.



Tachinidae: Los taquípidos son moscas de tamaño mediano a grande y usualmente de colores opacos, muy parecidas a la mosca domestica, aunque algunas especies son más grandes; asimismo, otras especies son muy "peludas" y dan la apariencia de abejas. También se pueden distinguir por una estructura (postescutelo) que esta muy desarrollada y que se localiza dorsalmente entre la unión del tórax con el abdomen.

Estos insectos son muy importantes desde el punto de vista del control biológico natural, ya que son parasitoides de muchos insectos plaga. La mayoría de los tachinidos son endoparasitoides solitarios y ninguno es hyperparaitico. Este grupo es la familia mas importante de parasitoides para el

control biológico. Muchas especies han sido introducidas como agentes de control biológico de muchas plagas exóticas.

Tachinidos como *Lixophaga diatreae* han sido usados en programas de liberación masiva, mientras otras especies han sido de interés solo como parasitoides nativos tales como *Bessa harveny* que controla básicamente *Pristiphora erichsonii* (Hymenoptera: Tenthredinidae).

Los tachinidos han sido divididos en varios grupos con respecto a la estrategia que usan para su oviposición. Adultos de algunas especies depositan sus huevos dentro o en sus huéspedes, mientras que otras retienen los huevos y depositan el primer instar larval dentro o en sus huéspedes.

Hay otros que depositan sus huevos o sus larvas en el follaje o en el suelo. Los huevos son colocados en el follaje con el propósito de que estos sean consumidos posteriormente por el huésped. En tales casos, las sustancias volátiles de los tejidos de las plantas pueden servir de atrayentes a las moscas Tachinidae (Roland et al., 1989). Los huevos colocados en el follaje son generalmente muy pequeños (microtipo) y depositados en grandes cantidades, mientras que los huevos de mayor tamaño (macrotipo) son colocados directamente en sus huéspedes (Askew, 1971).

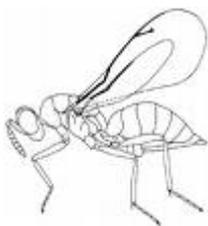
Algunos ejemplos de insectos parasitoides Hymenopteros

Estos insectos son de tamaño desde diminuto (menores de 1mm) hasta muy grandes (entre 15 a 25 mm). Su aparato bucal es mandibulado; aunque en algunas especies como las abejas, tienen una estructura en forma de “lengua” que les sirve para tomar líquido. La mayoría de los himenópteros son alados, aunque algunos no tienen alas como las hormigas. Las especies que tienen alas, las de adelante son mas pequeñas que las de atrás y ambas son membranosas. Las alas casi no tienen nervaduras y a veces son transparentes.

El ovipositor de la hembra esta bien desarrollado y en ocasiones es mas largo que el cuerpo. En algunas especies esta modificado en un “aguijón”, que le sirve de defensa. La mayoría de las larvas de los himenópteros no tienen patas y se asemejan a la forma de “gorgojo” o de larva de mosca; aunque en otras son parecidas a las larvas de los lepidópteros. Las pupas, pueden formarse dentro de un “cocon”, en el hospedero, fuera de el o en celdas.

La mayoría de los parasitoides de mayor importancia para el control biológico están en las superfamilias Chalcidoidea e Ichneumonoidea.

Eulophidae. Esta es una familia biológicamente muy diversa y es gran importancia en el control biológico. Los miembros de esta familia atacan un rango amplio de huéspedes incluyendo huevos de arañas, escamas, thrips, y muchas especies de Coleóptero, Lepidóptero, Díptera, e Hymenoptera. Algunas especies atacan minadores de hojas o insectos barrenadores de madera. *Pediobius* y *Sympiesis* son los géneros más importantes.

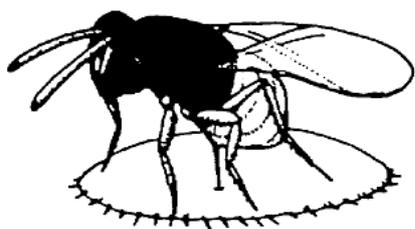


Aphelinidae. Esta familia, junto con Encyrtidae son las más importantes para el control biológico debido a su gran éxito en programas de introducción de enemigos naturales para controlar diferentes plagas. Los miembros de esta familia son parasitoides de escamas, pseudococcidos, moscas blancas, áfidos, psílidos, y huevos de insectos de varios ordenes. Los géneros de mayor importancia son: *Aphelinus*, *Aphytis* y *Encarsia* (Rosen y DeBach, 1979).

Encarsia formosa (Hymenoptera: Aphelinidae): es utilizada alrededor del mundo para controlar a las moscas blancas en cultivos bajo invernadero.

Los principales cultivos bajo invernadero en lo que se emplea *E. formosa* incluyen: tomate (*Lycopersicon lycopersicus*) y pepinillo (*Cucumis sativus*). El parasitoide también es utilizado en cultivos de berenjena (*Solanum melongena* var. *esculenta*), gerbera (*Gerbera jamesonii*), flor de Panamá (*Euphorbia pulcherrima*), rosa amarilla (*Tagetes erecta*) y fresas (*Fragaria ananassa*). Las especies de moscas blancas más importantes que *E. formosa* puede controlar son: *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifolii* (= *B. tabaci* tipo B) (Homóptero: Alyrodidae). *E. formosa* emplea pistas olfativas y visuales para localizar al hospedero en plantas infestadas. El parasitoide no muestra preferencias en relación a la localización de las hojas en la planta. *E. formosa* es un endoparasitoide solitario que deposita de 8 a 10 huevos por día.

Los adultos se alimentan de la mielecilla y de la hemolinfa de los hospederos en los que no se han depositado huevos. Para alimentarse de su huésped, el parasitoide introduce su ovipositor en el cuerpo de la víctima para hacer un orificio, el cual es agrandado con sus mandíbulas. Las ninfas que han sido utilizadas para la alimentación no son empleadas para la oviposición. *E. formosa* oviposita en todas las etapas inmaduras de *T. vaporariorum*, excepto en el huevo y en el primer estadio móvil; y, en todas las etapas de *B. tabaci*, excepto en las ninfas en primer estadio. *E. formosa* prefiere ovipositar en las etapas de tercero y cuarto estadios, y en las ninfas prepupa. *E. formosa* cultivada en *T. vaporariorum* puede producir cinco huevos por día (oviposita un total de 59 huevos antes de su muerte), puede alimentarse de tres ninfas por día,



que no se han depositado huevos. Para alimentarse de su huésped, el parasitoide introduce su ovipositor en el cuerpo de la víctima para hacer un orificio, el cual es agrandado con sus mandíbulas. Las ninfas que han sido utilizadas para la alimentación no son empleadas para la oviposición. *E. formosa* oviposita en todas las etapas inmaduras de *T. vaporariorum*, excepto en el huevo y en el primer estadio móvil; y, en todas las etapas de *B. tabaci*, excepto en las ninfas en primer estadio. *E. formosa* prefiere ovipositar en las etapas de tercero y cuarto estadios, y en las ninfas prepupa. *E. formosa* cultivada en *T. vaporariorum* puede producir cinco huevos por día (oviposita un total de 59 huevos antes de su muerte), puede alimentarse de tres ninfas por día,

y matar un promedio de 95 ninfas en un período de 12 días.

Trichogrammatidae. Todos los miembros de esta familia son parasitoides de huevos de insectos. Especies tales como *Trichogramma minutum* y *Trichogramma pretiosum* han sido ampliamente usadas para el control de varias especies de Lepidóptero a



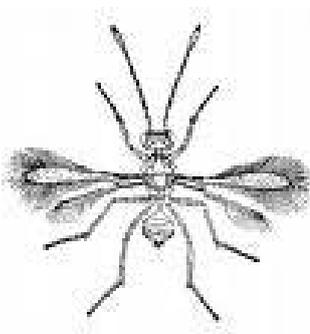
de



través de liberaciones masivas de avispas criadas en laboratorio.

Las familias de lepidópteros más atacadas son: Noctuidae, Pyralidae y Plutellidae. La hembra del parasitoide busca huevos de su huésped para parasitarlos. Puede ovipositar más de un huevo dentro de cada uno de los huevos de su huésped, debido a su tamaño pequeño. Luego de la eclosión, la larva del parasitoide se alimenta del contenido del huevo del hospedero. La avispa pupa dentro del huevo; para emerger, el adulto hace un orificio de escape. A una temperatura constante de 27°C, toma aproximadamente 10 días el período huevo-adulto.). En ausencia de alimento, las hembras del parasitoide viven 2.7 días y producen 22 descendientes. Si hay una fuente constante de alimento (azúcares), su período de vida aumenta a 13.9 días y la descendencia a 86. Esto implica que la provisión de alimento (flores con nectarios) bajo condiciones de campo, puede mejorar la eficacia de las liberaciones.

Mymaridae. Todos los miembros de esta familia son parasitoides de huevos de



insectos de varios ordenes tales como Hemíptero, Homóptera, Coleóptero, Díptera y Ortóptero. Mymaridos han sido usados en programas de control biológico a través de introducciones masivas (Maltby et al., 1971).

Las hembras generalmente son más activas que los machos.

Usualmente se encuentran en los campos de cereales o en sitios adyacentes. Se desconoce su actividad durante el invierno.

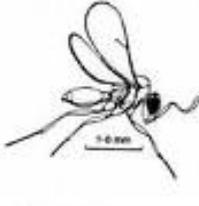
El principal hospedero es el escarabajo de la hoja de los cereales *Oulema melanopsis* (Coleóptero: Chysomelidae); sin embargo, *Anaphes* también parasita a *O. gallaeciana*, *Lema collaris*, y *Lema trilineata* (Coleóptero: Chysomelidae) si su hospedero primario no está disponible.

El huevo es depositado en el interior de su hospedero, donde se convierte en larva y empieza a alimentarse del interior del huevo de su hospedero. En la etapa de prepupa el individuo no posee movimiento; la secreción de materia fecal determina la finalización de esta etapa. En la etapa pupal temprana, se pueden observar los ojos compuestos de color rojo. Posteriormente, el cuerpo se empieza a oscurecer y las características adultas se hacen visibles, por ejemplo, el ovipositor en las hembras. Antes de la emergencia se observa el movimiento de la cabeza y patas.

El individuo come la corteza del huevo para salir. Bajo condiciones ideales (21 a 25°C) los adultos emergen del huevo hospedero en 10 a 11 días. Se ha determinado un tiempo mínimo de 174 horas aproximadamente 7.25 días (a 32.2°C) y un máximo de 1089 horas es decir 45.37 días (a 2.7°C) para el desarrollo de *Anaphes* de huevo a adulto. Luego de una hora de haber emergido, la hembra adulta de *Anaphes* comenzará a atacar a los hospederos y a depositar sus huevos.

En promedio, las hembras depositan 20 huevos durante el período postemergencia de 2 a 3 días. Los huevos fertilizados dan origen a individuos hembras, y los no fertilizados dan origen a individuos machos.

Scelionidae. Esta es una gran familia pero que desafortunadamente ha sido poco entendida taxonómicamente. Sus miembros son todos parasitoides de huevos, y algunas especies han sido usadas en programas de control biológico, como por ejemplo: *Trissolcus basalís* un parasitoide de *Nezara viridula* (Hemíptero: Pentatomidae). Otros géneros importantes son *Telenomus* y *Scelio*.



Ichneumonidae. El tamaño de los Ichneumónidos varía desde 3 a 40 mm. En general tiene la apariencia de unas avispas diminutas. En forma y hábitos son similares a los Braconídeos. Son de colores variables, generalmente amarillo y negro; aunque existen especies de coloraciones brillantes. Las antenas usualmente llegan a la mitad de la longitud del cuerpo del insecto; asimismo, el ovipositor de la hembra es mas largo que el cuerpo.



En muchas especies, hay una marcada diferencia entre la apariencia del macho y la hembra; pudiendo ser diferentes en color tamaño y forma del cuerpo.

Los principales hospederos de estos insectos, son larvas de palomillas, mariposas, coleópteros y

“moscas sierra”.

Frecuentemente parasitan solo una o dos especies de insectos. Los huevos son colocados dentro, sobre o cerca a su hospedero.

En la mayoría de las especies, los estados inmaduros se desarrollan dentro de sus hospederos (endoparásitos), aunque en algunas especies su desarrollo se lleva a cabo sobre sus hospederos (ectoparasitoides).

El hospedero frecuentemente muere cuando el estado inmaduro esta listo para convertirse en adulto; entonces el insecto sale a pupar en cocones sobre el follaje o en el suelo.

El ciclo de vida de estos insectos, esta correlacionado con el de sus hospederos, de manera que bajan las poblaciones plaga y evitan que aumente “explosivamente”. Por esta razón, los ichneumónidos han sido usados extensivamente para el control biológico de varias plagas.

Braconidae.

Los braconídeos son himenópteros de tamaño muy pequeño a mediano (2 a 15 mm); los mas grandes, mas robustos del cuerpo que los icneumónidos.

Generalmente son de colores opacos café o negro y tienen la apariencia de unas pequeñas avispas, pero no “pican”. El abdomen de los braconídeos es casi tan largo, como la cabeza y el tórax combinados.

Los braconidos es uno de los más importantes grupos de insectos parasitoides y han sido usados en forma exitosa en programas de control biológico. Los adultos normalmente se alimentan de néctar de flores y polen. Los huevos son colocados tanto fuera como dentro del hospedero; lo cual depende del hábitat del hospedero y especie del braconido. Asimismo, una o más larvas pueden alimentarse sobre el hospedero. En ocasiones la larva pupa en el interior del hospedero y es característico que su cubierta se ponga muy dura y adquiera la apariencia apergaminada. En otros casos, la larva sale a pupar en “cocones” tanto sobre el cuerpo del hospedero como fuera de él.

Los miembros de esta familia han sido usados ampliamente en el control biológico, especialmente contra áfidos y varias especies de Lepidóptero, Coleóptero y Díptera.

Los braconidos generalmente pupan dentro del cocun fuera del cuerpo de sus huéspedes. 21 subfamilias han sido reconocidas dentro de este grupo. Las más importantes pueden estar agrupadas por el tipo de huéspedes que ataca. Por ejemplo:

Aphidius, *Trioxys* subfamilia Aphidiinae : son endoparasitoides de áfidos

Meteorus subfamilia Meteorinae; *Blacus* subfamilia Blacinae; *Apanteles* y *Microplitis* subfamilia Microgasterinae; *Aleiodes* subfamilia Rogadinae: son endoparasitoides de larvas de Lepidóptero y Coleóptero

Microctonus subfamilia Euphorinae: son endoparasitoides de adultos de Coleóptero o ninfas de Hemíptero

Chelonus subfamilia Cheloninae: son endoparasitoides de huevo-larva de Lepidóptero

Dacnusia subfamilia Alysiinae y *Opius* subfamilia Opiinae: son endoparasitoides de huevos o larvas de Díptera

Bracon subfamilia Braconinae: son ectoparasitoides de larvas de Lepidóptero en lugares cercanos

Por ejemplo, los adultos de *Cotesia* miden aproximadamente 7 mm. de longitud, son de color oscuro, y parecen hormigas voladoras o pequeñas moscas. Poseen dos pares de alas, las anteriores son más grandes que las posteriores. Tienen el aparato bucal masticador. Las antenas son de 1.5 mm. de largo, y curvadas hacia arriba. El abdomen de la hembra se estrecha conforme avanza hacia atrás formando el ovipositor. Las pupas se encuentran en una masa sedosa de color amarillo, irregular agarrada al hospedero o a las hojas de las plantas especialmente en cultivos de col.



Los adultos se aparean y las hembras depositan los huevos, en la mayoría de los casos, inmediatamente después de haber emergido de sus capullos. Los huevos son depositados en las larvas (preferiblemente durante los primeros estadios) del gusano de la col, aproximadamente de 20 a 60 huevos por larva. Una hembra puede

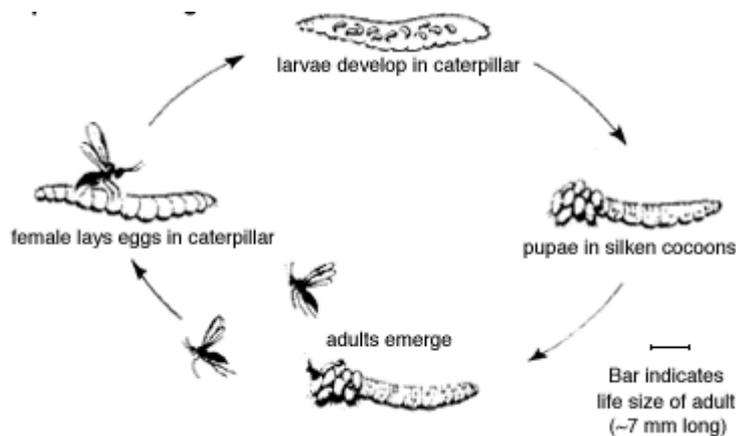
poner de 150 a 200 huevos durante toda su vida. Las larvas de *Cotesia* emergen luego de 15 a 20 días y tejen su capullo cerca del hospedero, el cual, muere luego de que las avispas emergen. El ciclo de vida, de huevo a adulto, toma aproximadamente de 22 a 30 días, dependiendo de la temperatura.

Lisiphebus testaceipes (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae): Esta avispa como todas las de la subfamilia Aphidiinae atacan únicamente áfidos. El signo conspicuo de la actividad de estos parasitoides es la presencia de áfidos momificados en cuyo interior se encuentra una avispa inmadura en desarrollo.



L. testaceipes es una avispa pequeña (< 3 mm.) de color negro. Debido a su tamaño pequeño es muy difícil de observar, pero los áfidos momificados que quedan sobre el follaje luego de que la avispa se ha desarrollado en su interior, son muy fáciles de detectar. La "momia" consiste en la piel del pulgón, la cual, ha sido transformada en un almacén protector, luego de que la avispa en desarrollo se ha alimentado de la parte interior del insecto.

Los áfidos parasitados por *L. testaceipes* son de color beige o dorado y tienen una forma redonda e hinchada. Se encuentra en cultivos de trigo y sorgo. *L. testaceipes* pasa el invierno en forma de pupa dentro del áfido parasitado. Una vez que empieza la primavera, ocurre la emergencia; casi enseguida, la hembra se aparea y empieza a buscar nuevos áfidos para parasitar. La hembra oviposita un huevo en el interior del cuerpo blando del áfido; luego de dos días, el huevo eclosiona y la larva se empieza a alimentar de los órganos internos del áfido. La larva demora en consumir la totalidad del interior del áfido de seis a ocho días.



La forma redonda e hinchada del áfido momificado se debe al intenso movimiento de la larva de la avispa en su interior. Una vez que la larva ha terminado de alimentarse, corta un orificio en la parte inferior del áfido y lo fija a la hoja con una sustancia parecida a un pegamento; el color del áfido cambia de verde a beige o dorado. Luego de esto, la larva se transforma en

pupa.

Luego de cuatro a cinco días, la avispa emerge haciendo un orificio circular en la parte superior del áfido momificado. A una temperatura de 21°C el desarrollo de huevo a adulto toma 14 días. Las avispas se dispersan mediante su vuelo o son llevadas dentro de áfidos alados parasitados.

La actividad parasítica de *L. testaceipes* contribuye al control de los áfidos de dos maneras: la mortalidad directa de los áfidos causada por el parasitismo, y la reducción de los niveles de reproducción en los áfidos parasitados. Los pulgones

parasitados detienen su reproducción en un rango de uno a cinco días, mientras que un áfido saludable puede dar nacimiento de tres a cuatro crías por día durante un período de 25 a 30 días.

En agroecosistemas menos disturbados, además de la ausencia de pesticidas, la diversidad de parasitoides parece relacionarse con la diversidad de los cultivos, la cobertura del suelo, la presencia de malezas y la vegetación nativa adyacente a los cultivos. De hecho, los estudios realizados sobre este tópico indican que la vegetación asociada con un cultivo en particular, influye en el tipo, abundancia y tiempo de colonización de los parasitoides (Waage y Greathead, 1986). Mientras mas complejo el ambiente circundante, mayor la diversidad de parasitoides albergada.

En muchos casos, tan sólo una o dos especies de tales complejos prueban ser vitales en el control biológico natural de plagas claves (Tabla 7).

Por ejemplo en los cultivos de alfalfa en California la avispa *Apanteles medicaginis* (Hymenóptera: Braconidae) cumple una función vital en la regulación del número de larvas de *Colias eurytheme* (Lepidóptero: Pieridae).). Aparentemente, este sistema mariposa-avispa se mueve de los tréboles nativos a los cultivos artificiales de alfalfa. Igualmente, en los cultivos de tabaco de Carolina del Norte al comienzo del verano, previo al florecimiento, cuando las plantas son más susceptibles al daño causado por el gusano cogollero *Heliothis virescens* (Lepidóptero: Noctuidae), la avispa *Campoletis perdinctus* (Hymenóptera: Ichneumonidae) ejerce un alto grado de parasitismo, después del florecimiento del tabaco.

Con el tiempo, el parasitismo de *C. perdinctus* declina y la acción de otro parasitoide *Cardiochiles nigriceps* (Hymenóptera: Braconidae) se vuelve un importante factor de mortalidad para la plaga (Huffaker y Messenger, 1976).

Tabla 7. Principales especies de parasitoides y sus hospederos plaga

PRINCIPALES ESPECIES DE PARASITOIDES Y SUS HOSPEDEROS PLAGA	
ORDEN: Hymenoptera	Principales hospederos
<i>Anaphes flavipes</i>	<i>Oulema melanopsis</i> , <i>O. gallaeciana</i> , <i>Lema collaris</i> , <i>Lema trilineata</i>
<i>Bathyplectes anurus</i> y <i>B. curculionis</i>	<i>Hypera postica</i> , <i>Hypera brunnipennis</i>
<i>Catolaccus grandis</i>	<i>Anthonomus grandis</i> , <i>A. hunteri</i>
<i>Cotesia glomerata</i>	<i>Pieris brassicae</i>
<i>Diadegma insulare</i>	<i>Plutella xylostella</i>
<i>Encarsia formosa</i>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Bemisia argentifolii</i>
<i>Encarsia inaron</i>	<i>Siphoninus phillyreae</i>
<i>Eretmocerus californicus</i>	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Bemisia argentifolii</i> , <i>Trialeurodes abutlonea</i>
<i>Eriborus terebrans</i>	<i>Ostriana nubialis</i>
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	<i>Myzus persicae</i> , <i>Rhopalosiphum maidis</i> , <i>Macrosiphum</i> spp.
<i>Metaphycus alberti</i>	<i>Coccus hesperidum</i>
<i>Muscidifurax raptor</i>	<i>Musca domestica</i>
<i>Nealiolus curculionis</i>	<i>Cylindrocopturus adpersus</i> , <i>Smicronyx fulvus</i> , <i>Anthonomus grandis</i> , <i>Conotrachelus nenuphar</i>
<i>Peristenus digoneutis</i>	<i>Lygus lineolaris</i> , <i>L. rugulipennis</i>

PRINCIPALES ESPECIES DE PARASITOIDES Y SUS HOSPEDEROS PLAGA	
<i>Pholetesor ornigis</i>	<i>Phyllonorycter blancardella</i> , <i>P. crataegella</i>
<i>Trichogramma ostriniae</i>	<i>Ostrinia nubilalis</i> , <i>Plutella xylostella</i>
<i>Trissolcus basalís</i>	<i>Nezara viridula</i>
ORDEN: Diptera	Principales hospederos
<i>Pseudacteon spp.</i>	<i>Solenopsis spp.</i>
<i>Trichopoda pennipes</i>	<i>Anasa tristis</i>

En algodón, la investigación ha demostrado que de 50.000 a 100.000 *Trichogramma* spp por acre, deben ser liberados con intervalos de 2-5 días, durante el máximo período de oviposición de *Heliothis* spp para incrementar significativamente el parasitismo y obtener el máximo control. Otros trabajos indican que la liberación de más de 28,000 *Lysipheblus testaceipes* por acre, no disminuyeron las poblaciones de áfidos por debajo del umbral económico, bajo condiciones de monocultivos en las planicies altas de Texas. En la Tabla 8 se presentan diferentes enemigos naturales en ciertos agroecosistemas.

Tabla 8. Algunos enemigos naturales con potencial para el control biológico aumentativo

ENEMIGO NATURAL	PLAGA	SISTEMA DE CULTIVO
ACARI	<i>Tetranychus medanieli</i>	manzanos
<i>Typhlodromus</i> spp.	<i>Steneotarsonemus pallidus</i>	fresas
<i>Phytoseiulus</i> spp.	<i>Tetranychus urticae</i>	fresas
HEMIPTERA	<i>Tetranychus</i> spp.	cultivos en Invernadero
<i>Jalysus spinosus</i>	<i>Heliothis virescens</i>	tabaco
	<i>Manduca</i> spp.	
NEUROPTERA		
<i>Chrysopa carnea</i>	<i>Heliothis</i> spp.	cultivos para fibra y alimento
	<i>Pseudococcus</i> spp.	peras, otras frutas
	<i>Trichoplusia ni</i>	repollo
	pulgones	papas
COLEOPTERA		
<i>Stethorus picipes</i>	<i>Oligonychus punica</i>	aguacate, otras frutas y vegetales
<i>Coccinella</i> spp.	Pulgones	vegetales, frutas y nueces
<i>Cryptolacmus montrouzieri</i>	Chanchito blanco (Margarodidae)	Cítricos
HYMENOPTERA		
<i>Bracon kirkpatricki</i>	<i>Pectinophora gossypiella</i>	algodón
<i>Bracon mellitor</i>	<i>Anthonomus grandis</i>	algodón
<i>Macrocentrus anclyvorus</i>	<i>Grapholitha molesta</i>	duraznos
<i>Chelonus blackburni</i>	<i>P. gossypiella</i>	algodón
<i>Apanteles melanoscelus</i>	<i>Lymantria dispar</i>	forestales
<i>Apanteles rebecca</i>	<i>Pieris rapae</i>	repollo
<i>Microplitis croceipes</i>	<i>Heliothis</i> spp.	numerosos cultivos
<i>Campoletis sonorensis</i>	<i>Heliothis</i> spp.	numerosos cultivos
<i>Praon</i> spp.	Pulgones	numerosos cultivos
<i>Lysiphebus</i> spp.	Pulgones	numerosos cultivos
<i>Aphidius smithi</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	arveja y otros

ENEMIGO NATURAL	PLAGA	SISTEMA DE CULTIVO
		vegetales
<i>Diaeretiella</i> spp.	Pulgones	col
<i>Aphytis melinus</i>	Escama roja de California	Cítricos
<i>Encarsia formosa</i>	Moscas blancas	cultivos en invernadero
<i>Pediobius foveolatus</i>	<i>Epilachna</i> spp.	soja, legumbres, calabaza
<i>Trichogramma</i> spp.	<i>Heliothis</i>	cultivos/fibra y alimento
	<i>Plusiine</i> spp. (Noctuidae)	cultivos/fibra y alimento
	<i>Pieris</i> spp.	col
	<i>Manduca</i> spp.	tabaco, tomates
	<i>Ostrinia nubilalis</i>	maíz
	<i>Laspeyresia pomonella</i>	manzanos, otras frutas
DIPTERA		
<i>Lixophaga diatraeae</i>	<i>Diatraeae</i> spp.	caña azúcar
<i>Eucelatoria</i> spp.	<i>Heliothis</i> spp.	numerosos cultivos
<i>Voria ruralis</i>	<i>Trichoplusia ni</i>	col, otros cultivos

Fuentes: Ables y Ridgeway, 1991

Está bien documentado que en agroecosistemas diversificados hay un incremento en la abundancia de artrópodos depredadores y parasitoides ocasionado por la expansión en la disponibilidad de presas alternativas, fuentes de polen, néctar y micro-hábitats apropiados (Altieri, 1995). En la Tabla 9 se presentan varios ejemplos de reducción de poblaciones de plagas observadas en policultivos compuestos por plantas anuales.

Tabla 9. Ejemplos de sistemas de cultivo múltiples que previenen la explosión de plagas mediante el incremento de enemigos naturales

SISTEMA MÚLTIPLE DE CULTIVOS	PLAGA REGULADA	FACTORES INVOLUCRADOS
Cultivos de Brassica y frijol (poroto)	<i>Brevicoryne brassicae</i> y <i>Delia brassicae</i>	Alta predación e interrupción del comportamiento de oviposición
Col de Bruselas intercaladas con habas y/o mostazas	<i>Phyllotreta cruciferae</i> y áfidos de la col <i>Brevicoryne brassicae</i>	Reducción de la apariencia de la planta, actúa como cultivo trampa, incrementando el control biológico
Coles intercaladas con trébol rojo	<i>Erioischia brassicae</i> , <i>Pieris rapae</i>	Interferencia con colonización e incremento de carábidos en el suelo
Yuca (mandioca) intercalada con caupí	Moscas blancas, <i>Aleurotrachelus socialis</i> y <i>Trialeurodes variabilis</i>	Cambios en el vigor de la planta e incremento en la abundancia de enemigos naturales
Maíz intercalado con habas y calabaza	Pulgones, <i>Tetranychus urticae</i> y <i>Macroductylus</i> sp.	Incremento en la abundancia de predadores.
Maíz intercalado con batata dulce	<i>Diabrotica</i> spp. y cicadelidos <i>Agallia lingula</i>	Incremento en el parasitismo
Algodón intercalado con caupí forrajero	Picudo <i>Anthonomus grandis</i>	Incremento en la población del parásito <i>Eurytoma</i> sp.
Policultivo de algodón con	Gusano de maíz <i>Heliothis</i>	Incremento en la abundancia de

SISTEMA MÚLTIPLE DE CULTIVOS	PLAGA REGULADA	FACTORES INVOLUCRADOS
sorgo o maíz	<i>zea</i>	predadores
Franjas de cultivo de algodón y alfalfa	Chinches <i>Lygus hesperus</i> y <i>L. elisus</i>	Prevención de la emigración y sincronización entre las plagas y los enemigos naturales.
Duraznos intercalados con fresas	Enrollados de la hoja de la fresa <i>Ancylis comptana</i> y polilla <i>Grapholitha molesta</i>	Incremento de población de parásitos (<i>Macrocentrus ancylivora</i> , <i>Microbracon gelechise</i> y <i>lixophaga variabilis</i>).
Maní intercalado con maíz	Berrenador del maíz <i>Ostrinia furnacalis</i>	Abundancia de arañas (<i>Lycosa</i> sp.)
Sésamo intercalado con algodón	<i>Heliothis</i> spp.	Incremento en la abundancia de insectos benéficos y cultivos trampa.

Fuente: Altieri, 1995

La manipulación de la presencia y composición de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo se puede utilizar para promover el control biológico, ya que la supervivencia y actividad de muchos enemigos naturales frecuentemente depende de los recursos ofrecidos por la vegetación contigua al campo.

Los cercos vivos, linderos, bordes y otros aspectos del paisaje han recibido gran atención en Europa debido a sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en las áreas adyacentes a los cultivos (Fry, 1995).

En general se reconoce la importancia de la vegetación natural alrededor de los campos de cultivo como reservorio de predadores y parasitoides (van Emden, 1965). Estos hábitat pueden ser importantes como sitios alternos para la hibernación de algunos enemigos naturales, o como áreas con recursos alimenticios tales como polen o néctar para parásitos y depredadores.

Muchos estudios han documentado el movimiento de enemigos naturales desde márgenes hacia dentro de los cultivos, demostrando un mayor nivel de control biológico en hileras de cultivo adyacentes a márgenes de vegetación natural que en hileras en el centro del cultivo (Altieri, 1994). Estudios sobre especies de parasitoides de las familias *Tachinidae* e *Ichneumonidae* que atacan a las plagas de repollo *Barathra brassicae* y *Plutella xylostella* fueron conducidos cerca de Moscú y los datos muestran que la eficiencia del parasitismo fue substancialmente mayor en hileras de repollo cercanas a márgenes con plantas en floración de la familia Umbelíferas que en hileras más centrales del campo (Huffaker y Messenger, 1976).

Patógenos

Como la mayoría de los organismos, los insectos son susceptibles a una variedad inmensa de enfermedades agudas y fatales causadas por patógenos, los cuales pueden ser importantes en el corto plazo como reguladores de las poblaciones de insectos. Ha habido un interés de usar patógenos como controladores biológicos hace mas de 100 años, y algunos han sido usados con gran éxito, todo derivado del interés de desarrollar alternativas ecológicas a los insecticidas químicos. Los patógenos son microorganismos que son parasíticos y causan enfermedad a sus huéspedes. Los grupos más importantes son: Virus, Bacterias, Hongos, Nematodos y Protozoos

En las enfermedades infecciosas, se encuentran involucrados microorganismos patógenos. Estos generalmente invaden y se multiplican en el insecto y se dispersan infectando otros insectos. Los patógenos son transmitidos a través de: contacto, ingestión, por medio de vectores y a veces de los padres a la nueva generación.

Los patógenos son formas procariotas o sea organismos sin núcleo y membrana nuclear verdaderas, como son bacterias y virus, y en el caso de hongos y protozoarios constituyen forma eucariota, organismos con un núcleo verdadero encerrado por una membrana nuclear. Los nematodos y microorganismos más grandes y complejos son incluidos dentro de los patógenos debido al gran número de especies que causan enfermedades en los insectos.

Las principales características de los patógenos de insectos son:

- Matan, reducen la reproducción, detienen el crecimiento o acortan la vida de las plagas.
- Son generalmente específicos de las plagas.
- Su efectividad puede depender de las condiciones ambientales y de la abundancia del hospedero.
- El grado de control de los patógenos que ocurren naturalmente es impredecible.
- Son relativamente lentos en su acción, lo cual puede tomar varios días o más para alcanzar un control efectivo.
- Son ambientalmente seguros.

Los principales patógenos y nematodos que se discutirán en esta sección se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Principales patógenos y nematodos desarrollados y utilizados como agentes de control biológico.

PATÓGENO	PLAGA PRINCIPAL	REFERENCIAS
VIRUS		
Baculovirus		
Virus de la polyhedrosis nuclear	Larvas de lepidópteros Larvas de Hymenóptera (Tenthredinidae)	Federici, 1998 Granados & Federici, 1986 Adams & Bonami, 1991 Hunter-Fjita et al., 1998 Miller, 1997; Treacy, 1998
Virus de la Granulosis	Larvas de lepidópteros	Tweeten et al., 1981
Virus no-ocluido (<i>Oryctes virus</i>)	Larvas de Scarabeidae	Bedford, 1981 Zelazny et al., 1992
Virus de la polyhedrosis Citoplásmica	Larvas de lepidópteros	Aruga & Tanada, 1971 Katigitri, 1981
Entomopoxviruses	Orthoptera, larvas de Scarabeidae	Granados, 1981; Arif, 1984
Iridoviruses	Mosquitos	Anthony & Comps, 1991

PATÓGENO	PLAGA PRINCIPAL	REFERENCIAS
BACTERIA		
<i>Bacillus popilliae</i>	Larvas de Scarabeidae	Klein, 1981; Klein, 1997
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i>	Larvas de lepidópteros	Navon, 1993 Baum et al., 1998
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i>	Larvas de mosquitos y otros dípteros	de Barjac & Sutherland, 1990; Becker & Margalit, 1993 Jenkins, 1998
<i>Bacillus sphaericus</i>	Larva de coleópteros Larva de mosquitos	Keller & Langenbruch, 1990 de Barjac & Sutherland, 1990 Baumann et al., 1991 Charles et al., 1996
HONGOS		
Mastigomycotina		
<i>Coelomomyces</i> spp.	Larvas de mosquitos	Federici, 1981; Couch & Bland, 1985
<i>Lagenidium giganteum</i>	Larvas de mosquitos	Federici, 1981
Zygomycotina		
Entomophthoraceae	Áfidos, larvas de lepidópteros, coleópteros, Orthoptera	Wilding, 1981 Humber, 1989
Deuteromycotina		
<i>Beauveria bassiana</i>	Larvas de coleópteros, lepidópteros, Orthoptera	McCoy et al., 1988 Wraight and Carruthers, 1998
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Larvas de coleópteros, cicadelidos, cercopidos, cucarachas	McCoy et al., 1988
<i>Verticillium lecanii</i>	Áfidos, moscas blancas	Hall, 1981; Hall & Paperiok, 1982
Microsporidia		
<i>Nosema</i> spp.	Orthoptera, larvas de mosquitos, Coleóptera	Brooks, 1988; Henry, 1991
<i>Vairimorpha necatrix</i>	Larvas de lepidópteros	Maddox et al., 1981 Brooks, 1988
NEMATODOS		
Mermithidae	Larvas de mosquitos	Petersen, 1982
Steinernematidae, Heterorhabditidae	Larvas de lepidópteros, larvas de coleópteros, y Gryllotalpidae (verraquitos de tierra)	Gaugler & Kaya, 1990 Kaya & Gaugler, 1993 Grewal and Georgis, 1998

Nicholls (2006)

Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares relativamente simples que carecen de organelos internos tales como núcleo y mitocondrias y las cuales son producidas por fusión binaria. Con algunas excepciones, la mayoría de las bacterias usadas como insecticidas microbianos crecen en una gran variedad de substratos baratos, característica que facilita su producción masiva. La gran mayoría de las bacterias que han sido usadas y que están en desarrollo para ser usadas como agentes de control microbial son formadoras de esporas y pertenecen a la familia Bacillaceae y pertenecen al genero *Bacillus*. Estos bacilos patogénicos ocurren en insectos sanos y enfermos, pero también ocurren en otros habitats como suelo, plantas, graneros y ambientes acuáticos y pueden ser aislados fácilmente.

Las bacterias, especialmente las diferentes subespecies de *Bacillus thuringiensis* han sido los patógenos de insectos mas ampliamente usados en programas de control de insectos. Las razones para esto son prácticamente por que son fácilmente producidas en forma masiva, fáciles de formular y usar en grandes programas de control, mata la plaga fácilmente (aproximadamente en 48 horas), tiene un espectro de actividad que incluye muchas plagas de interés económico y es mucho mas seguro para los organismos benéficos y el ambiente que cualquier insecticida sintético.

Hay dos tipos de bacteria que son usadas en los programas de control de insectos: (1) aquellas que causan una infección fatal y (2) aquellas que matan los insectos principalmente a través de la acción insecticida de la toxina. Un ejemplo del primer caso es *Bacillus popilliae*, una bacteria que infecta y mata a las larvas de Coleóptera, particularmente aquellas de la familia Scarabeidae que viven en el suelo (Klein, 1997). El segundo tipo esta ejemplificado con *Bacillus thuringiensis*, una especie que produce una toxina (compuesta por una proteína: delta endotoxina y un nucleótido: exotoxina) capaz de matar insectos estando o no directamente asociados con la bacteria.

Algunas de las características principales de las bacterias entomopatógenas son:

Hospederos: larvas de coleópteros, lepidópteros y dípteros.

Características de ataque: las larvas dejan de alimentarse; se secan y compactan; mueren y se descomponen.

Cultivos: Los que son atacados por las especies hospederas.

Disponibilidad comercial: Muchas especies y variedades.

Bacillus thuringiensis: al igual que las bacterias antes citadas, esta bacteria es esporogénica y Gram-positiva. Su descubrimiento se remota a 1902, cuando el japonés Ishiwata la aisló de una larva enferma del gusano de la seda *Bómbyx mori* (Lepidóptero; Bombycidae).

Rango de hospederos:

- *Bt var. tenebrionis*: larvas de coleópteros.
- *Bt var. kurstaki*: larvas de lepidópteros.
- *Bt var. israelensis*: larvas de dípteros.
- *Bt var. aizawai*: larvas de lepidópteros.

Bt requiere ser ingerido para que se lleve a cabo su efecto patotóxico. La bacteria sin el cristal no tiene la capacidad de invadir el hospedero. Al ingerirse el complejo espora-cristal, los cristales se disuelven en el mesenteron debido a su contenido altamente alcalino. Una vez disuelto, las proteínas del cristal sufren proteólisis por las proteasas digestivas del insecto; sin embargo su degradación no es completa, quedando intacta una proteína de -65kda. Esta se llama delta-endotoxina, la cual adquiere una conformación tridimensional que le confiere gran especificidad para acoplarse a un componente glicoproteico de la membrana de las células epiteliales, comúnmente llamado receptor. Esta unión desequilibra la estructura de la membrana y “abre” un poro por el cual penetran iones seguidos de agua. El exceso de **agua** en el citoplasma de las células epiteliales provoca una distensión excesiva de los organelos membranosos, y de la propia célula en su totalidad, hasta que esta revienta. Unas pocas células dañadas podrían ser reemplazadas rápidamente por otras nuevas, sin que ocurran consecuencias fatales; sin embargo, cantidades suficientes de delta-endotoxina normalmente destruyen amplias áreas del epitelio, las cuales se manifiestan en huecos por donde pasa el contenido alcalino del mesenteron hacia la hemolinfa (que presenta un pH casi neutro), y la hemolinfa hacia el lumen del mesenteron. Estos dos fenómenos traen consigo dos consecuencias perjudiciales para el insecto. Por un lado, al aumentar el pH de la hemolinfa, la conducción nerviosa cesa y la larva se paraliza. Esto implica que deja de comer y por lo tanto se detiene el daño al cultivo. La larva puede morir de inanición, consecuentemente. Por otro lado, al disminuir el pH del contenido estomacal, crea un ambiente favorable para la germinación de las esporas ingeridas junto con los cristales, iniciando la proliferación de las bacterias en el individuo paralizado y, posteriormente, en el cadáver, pudiendo sobrevenir la muerte por septicemia (Becker et al., 1991). A pesar de que las larvas muertas contienen gran cantidad de esporas y cristales, estas normalmente no representan focos de infección para otros individuos, ya que, desafortunadamente, *Bt* posee una residualidad muy reducida en el campo, debido principalmente al efecto degradador de los rayos UV del sol.



Las larvas afectadas por *Bt* se vuelven inactivas, dejan de alimentarse, puede regurgitar su alimento y su excremento es acuoso. La cabeza puede aparecer un poco más grande de lo usual. La larva muere en unos cuantos días o semanas. Su cuerpo se torna de color café-negro conforme se descompone. Algunas bacterias de ocurrencia natural pueden ocasionar epizootias, especialmente si la población de la plaga

se encuentra bajo condiciones de estrés por falta de alimento, por bajas temperaturas o por sobrepoblación. El empleo exitoso de formulaciones de *Bt* requiere que sean aplicadas a especies de insectos específicas, en una etapa susceptible de su desarrollo, y a la concentración y temperatura correctas. Usualmente, las larvas jóvenes son las más susceptibles. No todas las especies son igualmente susceptibles a *Bt*. Incluso, algunas especies de *Plutella* han desarrollado resistencia a las toxinas de la variedad *kurstaki*. Las formulaciones de *Bt* pueden ser desactivadas si son expuestas a los rayos solares directos. La lluvia o el exceso de riego también pueden reducir la eficacia de este entomopatógeno, al ser lavado del follaje. La resistencia de plagas a *Bacillus thuringiensis* se ha desarrollado en algunas especies de insectos que han sido expuestas a aplicaciones frecuentes de *Bt*. (Tabashnik et al., 1990).

Como se menciono anteriormente, *Bt* muestra actividad contra un gran numero de larvas de lepidópteros, contra larvas de mosquitos y jejenes, y contra algunas especies de coleópteros. La especificidad que muestra contra estos insectos, representa una de las grandes ventajas de este bioinsecticida, ya que es completamente inocuo a otro tipo de insectos, especialmente los benéficos. De esta forma su eficiencia en el Manejo Ecológico de Plagas es muy alta. Asimismo, existe un cúmulo de evidencias que certifican su inocuidad hacia vertebrados (incluyendo al hombre), lo cual hace de *Bt*, junto con su incapacidad de contaminar el medio ambiente, una de las alternativas ecológicas mas atractivas.

Los genes de la toxina de *Bacillus thuringiensis* han sido aislados e incorporados dentro de otras bacterias para la producción comercial de toxinas y también dentro de plantas.

Los investigadores han modificado genéticamente la estructura de algunas variedades de plantas para que produzcan naturalmente la toxina de *Bt*. Este proceso ha llevado a la producción de líneas resistentes (a los insectos) de tabaco, algodón, maíz, tomate, papa y otros, para proporcionar protección contra plagas (Organismos Genéticamente Modificados) (Vaeck et al., 1987).

Hongos

Los hongos constituyen un grupo diverso de organismos eucarióticos que se distinguen de otros por la presencia de una pared celular, como en las plantas, pero que carecen de cloroplastos y por lo tanto de la habilidad para realizar fotosíntesis.

Los hongos pueden vivir como saprofitos o como parásitos de plantas y animales, y su crecimiento requiere alimento orgánico obtenido por absorción desde los sustratos sobre los cuales ellos viven. Presentan una fase vegetativa unicelular (levaduras) o filamentos (hifas) que forma el micelio. Las hifas con paredes de quitina o celulosa son uninucleadas, multinucleadas o cenocíticas.

Los hongos son los principales microorganismos descritos como causantes de enfermedades en insectos. Algunos de ellos son patógenos obligados como *Coelomomyces*, *Entomophthora* y otros facultativos, pudiendo desarrollarse en ausencia del huésped. Los hongos se encuentran asociados a insectos pertenecientes a diferentes órdenes. El estado inmaduro (ninfa o larva) generalmente es el más atacado. Su especificidad a un huésped varia, algunos tienen un amplio rango de hospederos, mientras que otros están restringidos a una especie de insecto

A diferencia de otros patógenos, los hongos usualmente infectan los insectos mediante una penetración activa a través de la cutícula, característica esta que los hace más atractivos como controladores de insectos chupadores.

Existen reportes de invasión oral, a través de espiráculos u otras aberturas externas en el caso de hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria*; penetración a través de acción enzimático y/o física como es el caso de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces farinosus* los cuales producen proteasa y quitinosa. En el caso de tegumentos suaves, la hifa o tubo germinativo penetra directamente sin la formación de apresorios. El tubo germinativo produce un apresorio y frecuentemente placas de penetración y cuerpos hifales en el caso de cutículas gruesas.

El ciclo de vida típico inicia con una espora, que puede ser una espora móvil o una conidia, la cual llega a la cutícula del insecto. Posteriormente y bajo condiciones óptimas, la espora germina, produciendo un tubo germinativo que crece y penetra al interior de la cutícula dentro del homocelo. Una vez en la hemolinfa, el hongo coloniza el insecto. Al inicio de la infección se observan pocos o ningún signo o síntoma, excepto por algunos puntos necróticos. El insecto pierde motilidad y apetito. Internamente existen cambios en el contenido proteico de la hemolinfa. Los insectos generalmente retienen su forma. La colonización completa del cuerpo del insecto requiere típicamente de 7 a 10 días, después del cual el insecto muere.

Algunos hongos producen toxinas pépticas durante el crecimiento vegetativo, con estas razas la muerte de los insectos ocurre en 48 horas. Subsecuentemente si las condiciones son favorables, las cuales significan un ambiente con humedad relativa alta (90% o más) en la época cercana a la muerte del insecto, el micelio formará estructuras reproductivas y esporas, completando así el ciclo de vida. Dependiendo del tipo y especies de hongos, estos se reproducirán interna o externamente y pueden ser esporas móviles, esporas resistentes, sporangia o conidia. Las esporas son llevadas por el viento, lluvia o por otros insectos que pueden expandir la infección. Los cuerpos de los insectos muertos pueden ser encontrados sobre el follaje. En algunas ocasiones se encuentran cubiertos por el micelio del hongo, en otras se lo observa emergiendo de las articulaciones y segmentos del cuerpo. Los hongos entomopatógenos requieren de una humedad alta para poder infectar a su huésped, por lo que las epizootias naturales son más comunes durante condiciones de alta humedad. La eficacia de estos hongos contra los insectos plaga depende de los siguientes factores:

- Especie y/o cepa específicas del hongo patógeno.
- Etapa de vida susceptible del hospedero.
- Humedad y temperatura adecuadas.

Desde el punto de vista de control microbiano, la habilidad de los hongos para infectar insectos vía cutícula les da una ventaja mayor sobre los virus, bacterias y protozoos. Si los hongos pueden ser desarrollados efectivamente, estos podrían ser muy útiles controlando un rango amplio de insectos plaga con aparato bucal chupador de interés económico tales como áfidos, cicadelidos, moscas blancas, thrips y escamas. Los hongos entomopatógenos tienen un potencial epizootico considerable: pueden dispersarse rápidamente a través de una población y pueden provocar que colapse en pocas semanas.

Muchos hongos entomopatógenos se encuentran naturalmente en el suelo. Existe evidencia que la aplicación de agroquímicos al suelo puede inhibir o matar a estos organismos. Por ejemplo, concentraciones bajas de algunos herbicidas pueden limitar severamente la germinación y desarrollo de las esporas de *Beauveria bassiana*.

Algunas especies de insectos son particularmente susceptibles al ataque de hongos entomopatógenos (Tabla 11). Estos hongos son muy específicos, al grado de género y/o especie, por lo que no infectan a plantas y animales.

Tabla 11. Principales tipos de hongos patógenos considerados para el control microbiano.

TIPOS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS			
SUBDIVISIÓN FUNGAL	GENERO	ESTADO INFECTIVO	INSECTO A CONTROLAR
Mastigomycotina			
Clases Chytridiomycetes	<i>Coelomomyces</i>	Zoosporas	Larva de mosquito
Clase Oomycetes	<i>Lagenidium</i>	Zoosporas	Larva de Mosquito
Zygomycotina			
Clase Zygomycetes	<i>Conidiobulus</i>	Conidia	Áfidos
	<i>Entomophaga</i>	Conidia	Cicadelidos, larvas de lepidópteros
	<i>Zoophthora</i>	Conidia	Áfidos, larvas de lepidópteros y coleópteros
Deuteromycotina			
Clase Hyphomycetes	<i>Beauveria</i>	Conidia	Coleópteros, lepidópteros, cicadelidos
	<i>Metarhizium</i>	Conidia	Cicadelidos, pentatomidos
	<i>Nomurea</i>	Conidia	Larvas lepidópteros
	<i>Paecilomyces</i>	Conidia	Moscas blancas, cicadelidos
	<i>Verticillium</i>	Conidia	Áfidos, moscas blancas, escamas

Nicholls, 2006

Entre los géneros mas importantes se encuentran:

- *Beauveria bassiana* con un amplio rango de hospederos
- *Metarhizium anisopliae* con un rango de hospederos incluyendo importantes plagas del suelo y especies de mosca blanca de gran importancia económica;
- *Nomurea rileyi* importante controlador de *Anticarsia gemmantalis* (Lepidóptero: Noctuidae);
- *Paecilomyces* spp. importante controlador de lepidópteros
- *Verticillium lecanii* y *Aschersonia Aleyrodinis* son considerados por su efectivo control en moscas blancas, áfidos y escamas.
- *Hirsutella thompsonii* importante controlador de ácaros de la familia euryophidae

***Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes):** este es un hongo entomopatígeno que se encuentra naturalmente en algunas plantas y en el suelo. Las epizootias son favorecidas por climas templados y húmedos. Las larvas



infectadas se tornan de color blanco o gris. *Beauveria* es utilizada como insecticida microbiano en algunos países. Tiene una lista extensa de hospederos que incluye a moscas blancas, áfidos, saltamontes, termitas, escarabajos, gorgojos, chinches, hormigas y

mariposas. Desafortunadamente, enemigos naturales como las mariquitas también son susceptibles. Un método de aplicación que evite el daño a enemigos naturales puede ser el uso de trampas o cebos de feromonas contaminados con el hongo, los cuales únicamente atraen a especies específicas. Existen diferentes cepas de *Beauveria* que exhiben una considerable variación en cuanto a su virulencia, patogenicidad y rango de hospederos. En el suelo se desempeña como saprofito.

***Metarhizium* spp (Deuteromycotina: Hyphomycetes):** este hongo ha sido probado como enemigo natural de *Diabrotica* spp., gorgojos y otros escarabajos.



Posee un amplio rango de hospederos; se emplea extensivamente en Brasil en cultivos de alfalfa y caña de azúcar contra chinches de la familia Cercopidae.

Culicinomyces es otro género dentro de los Deuteromycetes que incluye patógenos facultativos de mosquitos. La infección de las larvas de mosquitos es iniciada por la ingestión de conidias las cuales se adhieren a la cutícula quitinosa del intestino anterior o posterior. Las conidias germinan e invaden el hemocele. En altas concentraciones de conidias las larvas mueren a las 24 o 48 horas. *Culicinomyces* puede transmitirse de larva a pupa y a adultos siendo diseminado por los adultos, los cuales posteriormente mueren. Este hongo infecta varias especies de *Anopheles*, *Aedes*, *Culex*, *Culiseta*, *Psorophora* y *Uranotaenia* (Diptera: Culicidae).

Nomurea rileyi es un hongo conocido como el causante de las epizootias al final de la estación de crecimiento del cultivo de varias plagas de lepidópteros en soya. *N. rileyi* en algún tiempo fue designado como el género *Spicarla*.



Este hongo infecta un gran número de larvas de lepidópteros como *Anticarsia*, *Heliothis zea*, *H. virescens* y *Trichoplusia ni* (Lepidoptero: Noctuide). En soya, nuevas infecciones son realizadas a través de las conidias (esporas) que persisten sobre las hojas y en el suelo. En larvas

expuestas a *N. rileyi* después de dos días se observa la penetración de hifas a través de la cutícula, de los espiráculos (células traqueales) y poros de células sensoriales. Después de 5-6 días de la exposición a conidias, se encuentran cuerpos hifales en el hemocele, las células sanguíneas y células adiposas son invadidas. El insecto muere a los 5.5 días, después los cuerpos hifales se ramifican y forman los conidioforos y conidias. La presencia de quitinasas ocurre a las 20 horas de iniciada la infección y una alta cantidad de lipasas y proteasas se detectan a las 24 y 36 horas después de que las esporas estén en contacto con el insecto.

Pruebas con *N. rileyi* han mostrado diferencias en susceptibilidad dependiendo del hospedero, por ejemplo, una concentración de 310 conidias/mm² de superficie foliar, mato 100% de las larvas de *Trichoplusia ni* (2º estadio) expuestas a los aislamientos Missouri, Florida y Brasil. Sin embargo, las larvas de *Anticarsia* no fueron susceptibles o ligeramente susceptibles al aislamiento Missouri, Florida y Misissippi de *N. rileyi*. El aislamiento brasileña de *N. rileyi* por el contrario provoco 90% de mortalidad (Ignoffo et al; 1976).

Paecilomyces este género es comúnmente encontrado en la naturaleza en un amplio rango de hospederos, principalmente larvas de lepidópteros. Su infección es comúnmente conocida como muscardina amarilla. Algunos otros hongos en este género son: *P. fumosoroseus*, *P. amoeneroseus*, *P. javanicus*, *P. ramosus*, *P. coleopterorum*, *P. tenuipes*, *P. cicadae*, *P. lilacinus* y *P. cinnamomeus*. El estado perfecto de estas especies se encuentra en los géneros de *Ascomycetes*, *Byssochlamys*, *Talaromyces*, *Thermoascus*.

Hirsutella spp. Muscardina roja. Este genero incluye cerca de 30 especies que infectan casi todos los grupos taxonómicos de insectos y algunos ácaros. *Hirsutella lecaniicola* constituye la forma conidial de *Cordyceps clavulata*. Algunos de estos hongos son altamente virulentos, por ejemplo *H. thompsonii* ataca al acaro de los Cítricos *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae). Estos son candidatos promisorios para el control microbial pero su crecimiento y esporulación en medio sólido es lento.

Verticillium lecanii. Este género es un patógeno común en escamas en regiones tropicales y semitropicales. Este es conocido como “halo blanco” debido a la apariencia blanquecina del micelio alrededor de los bordes de las escamas. Este hongo también infecta otros insectos además de escamas. La infección de *V. lecanii* sobre el áfido *Macrosiphoniella sanborni* (Homóptero: Aphididae), se caracteriza debido a que el hongo esporula sobre el áfido vivo el cual dispersa las esporas durante los 4 a 6 días que dura el periodo de infección.



La esporulación ocurre sobre las patas, antenas y algunas veces en corniculos, pero rara vez sobre el tórax y abdomen hasta el momento de la muerte. El áfido infectado continúa reproduciéndose. Cuando los áfidos son infectados con altas dosis de conidias o blastosporas, estos mueren en 48 horas. Abundante crecimiento hifal y esporulación se desarrolla sobre toda la superficie del áfido, pero los tejidos internos no son invadidos como en el caso de áfidos infectados con bajas dosis de conidia. El micelio de *V. lecanii* produce la toxina cyclopeptidasa y bassianolide, las cuales también son producidas por *B. bassiana*.

Las especies pertenecientes a los hongos **Entomophthorales**, poseen varios ciclos de vida: Las conidias tienen un corto tiempo de duración. Las esporas son liberadas activamente de los cadáveres, e inmediatamente pueden ocasionar una infección. Los cuerpos hifales se desarrollan dentro del cuerpo de su huésped; el micelio crece fuera del cadáver. Las esporas de descanso son producidas en el interior del cuerpo del huésped durante etapas larvales tardías.

Virus

Todos los virus son parásitos intracelulares obligados y por lo tanto deben ser cultivados en hospederos vivos. Los virus patogénicos de artrópodos pueden ser clasificados según la naturaleza de la forma molecular (DNA o RNA simple o doble). Cada uno de estos grupos es subdividido en virus cuya partícula o virión esta embebida en una matriz proteica (virus ocluido) y virus en los que el virión se encuentra libre en la célula infectada. Cada uno de estos grupos es subdividido, basados en su morfología (varilla, ovoide, icodaedrico, forma de bala, etc.), en su fisiología y características químicas. La presencia de cuerpos de inclusión, constituye un medio fácil y rápido para reconocerlos bajo el microscopio compuesto.

Baculoviridae

Estos virus representan el 71% de los virus que presentan inclusiones virales; este grupo se asocia únicamente a artrópodos e insectos. Característica esta que ha hecho que la Organización Mundial de la Salud recomiende los baculovirus como el grupo más seguro para ser utilizados en programas de control ya que solo atacan a los insectos y otros artrópodos. Como algunos virus humanos, usualmente son extremadamente pequeños (menos de la millonésima de un milímetro), y están compuestos principalmente de DNA, en el cual se encuentra la información para su establecimiento y reproducción. Debido a que este material genético es destruido con facilidad por los rayos ultravioleta o por las condiciones del intestino de su huésped, una partícula infecciosa de baculovirus (virión) está protegida por una capa proteica llamada polihendrán. La mayoría de los baculovirus deben ser ingeridos por su hospedero para producir una infección.

Los virus entomopatogenos específicos pueden ser agentes de control natural muy efectivos de muchas especies de larvas de lepidópteros. Muchas cepas del Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN) y del virus de la Granulosis se encuentran en bajo nivel en muchas poblaciones de insectos plaga. Pero cuando se desatan epizootias pueden devastar a las poblaciones de algunas plagas, principalmente cuando estas son altas.

Estos virus necesitan ser ingeridos por un insecto para causar una infección, pero también pueden transmitirse durante el apareamiento o la oviposición. Los virus pueden también ser transmitidos por medio de los parasitoides y/o depredadores, los cuales dispersan el virus físicamente a través de una población. Un método potencial en la transmisión de virus es directamente a través del huevo incorporando el virus en su genoma. Las infecciones de este tipo pueden permanecer ocultas o ser expresadas en algún estado larval de la progenie. Los baculovirus también pueden ser transmitidos a través de agentes abióticos como el viento y la lluvia. Se ha postulado que la iniciación de una epizootia de NPV en *Orgyia pseudotsugata* (Lepidóptero: Lymantriidae) es debida a las partículas existentes en el suelo las cuales han sobrevivido por mas de 10 años. El NPV de *Colias eurytheme* (Lepidóptero: Pieridae), se considera que se ha dispersado por el agua de riego.

La principal ruta de entrada de los virus es vía oral. Los cuerpos de inclusión en el intestino medio son afectados por el medio alcalino el cual actúa sobre la matriz proteica liberando el nucleocapside. Las enzimas presentes en los cuerpos de inclusión, aparentemente actúan sobre la membrana peritrofica permitiendo el paso de los viriones a través de las células columnares. El nucleocapside desnudo entra a la célula dejando la cubierta del virión en la superficie (1.5-4 horas después de la infección). El nucleocapside se mueve rápidamente al núcleo, lugar en donde se alinean nucleoporos. En el caso del NPV el nucleocapside pasa intacto a través de

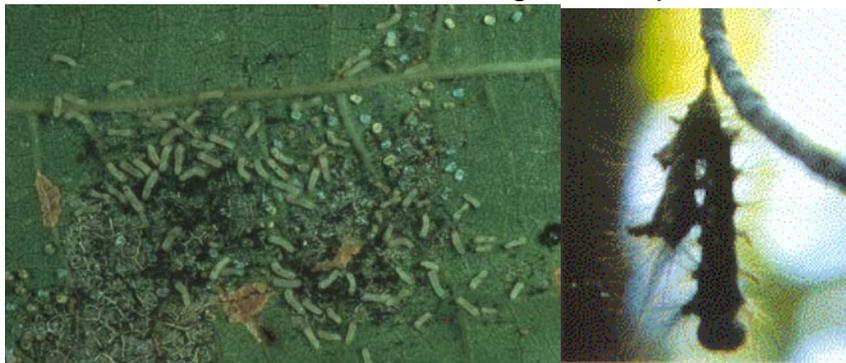
los nucleoporos, mientras que en el caso de GV y posiblemente del virus –*Oryctes*, solamente el DNA pasa al núcleo.

Después de la invasión del DNA infectivo, en el núcleo ocurre un periodo de eclipse, antes de que aparezca la progenie del virus. Durante este tiempo el núcleo se alarga y desarrolla un estroma viral en el lugar donde ocurre la replicación viral. Los nucleocapsides son sintetizados en este estado y una nueva cubierta se desarrolla. En Lepidóptero y Diptera los nucleocapsides en el intestino se mueven a otros tejidos para iniciar otros ciclos de infección. En Hymenoptera el ciclo total de producción de virus tiene lugar en las células del intestino medio.

Para infectar otros tejidos los nucleocapsides deben pasar a través de la membrana basal de las células columnares a la hemolinfa. La progenie de nucleocapsides inicia la infección de células susceptibles y órganos de los insectos. En Lepidóptero estos incluyen los hemocitos, tejido adiposo, hipodermis, matriz traqueal, músculos, ganglios y células pericardiales. Los virus se desarrollan en el núcleo de tejidos susceptibles, acompañados por la síntesis de inclusiones virales, y culminando en la destrucción del núcleo de órganos y muerte del huésped.

Los virus invaden el organismo del insecto a través del intestino. Se reproducen en varios tejidos, afectando a la fisiología, alimentación, movimiento y reproducción de su huésped.

Los síntomas están relacionados con el tipo de virus. Por ejemplo, las larvas infectadas con el VPN tienden a migrar a las partes altas de la planta. Se manifiesta



una reducción en la cantidad de alimento ingerido. Reducción en la fecundidad y fertilidad. Las larvas se tornan de color blanco granuloso tornándose oscuras con flacidez general al morir. Las especies de insectos

atacados por el virus de la Granulosis se vuelven de color blanco lechoso y dejan de alimentarse. La larva se encuentra generalmente colgada de ramas u hojas en posición invertida. Al romperse la hipodermis son liberados los cuerpos de inclusión, los cuales van a contaminar las plantas adyacentes que sirven de alimento al insecto huésped, cuya muerte por una infección viral ocurre entre tres a ocho días.

Los baculovirus pueden persistir dentro o fuera del huésped. La transmisión del virus a través del estado adulto tiene un alto potencial para la persistencia y dispersión del virus. Dos formas de transmisión pueden reconocerse: transovum (contaminación externa) o transovarial (dentro del huevo). La transmisión del virus puede tomar de días a semanas, pero si las condiciones son óptimas, la población entera de la plaga puede colapsar. En algunos casos, la combinación de enemigos naturales y virus entomopatógenos puede mantener a las poblaciones de la plaga en niveles aceptables. El porcentaje de mortalidad por el ataque de virus puede llegar del 28 al 40%.

Existen varias evidencias de que el suelo constituye un reservorio a largo plazo para la persistencia del virus. Los virus presentes en el suelo pueden ser recirculados a la

planta en la cual se alimenta el insecto huésped. Los baculovirus pueden persistir sobre plantas ya sea como cadáveres sobre la superficie de la corteza y sobre el follaje. La existencia de cadáveres se considera como un medio importante de persistir en el bosque durante el invierno. Los virus que invernan de esta manera podrían contaminar la superficie de los huevos del hospedero invernante, por ejemplo el NPV de *Malacosoma fragile* (Lepidóptero: Lasiocampidae), ocasionando epizootias en la siguiente primavera.

La persistencia de baculovirus sobre el follaje es importante ya que las hojas son el sitio donde el virus es ingerido. Existen evidencias de que las partículas virales pueden penetrar en la hoja, por ejemplo los cuerpos poliédricos en el caso del virus GV de *Phthorimaea operculella* (Lepidóptero: Gelechiidae) cuando son asperjados sobre hojas de papa, estos penetran a la cavidad estomática quedando mejor protegidos de la acción solar.

En la Tabla 12 se encuentra información relacionada con los productos hechos a base de baculovirus, los insectos hospederos y los cultivos atacados por la plaga.

Tabla 12. Principales productos a base de baculovirus y los insectos hospederos que controlan

TIPOS DE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS			
CULTIVOS	INSECTOS PLAGA	VIRUS USADOS	NOMBRE COMERCIAL
Manzana, pera, ciruela y nogal	<i>Cydia pomonella</i>	Virus de la granulosis de <i>C. pomonella</i> .	Cyd-X
Col, tomate y algodón	<i>Plutella xylostella</i> , <i>Helicoverpa armigera</i> , <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Endopiza viteana</i>	Virus de la Polyhedrosis Nuclear de <i>P. xylostella</i> .	Mamestrín
Algodón, maíz y tomate	<i>Spodoptera littoralis</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear de <i>S. littoralis</i> .	Spodopterín
Algodón y hortalizas	<i>Helicoverpa zea</i> y <i>Heliothis virescens</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear de <i>H. sep.</i>	Gem star LC, Bistro, Éclair
Moras y Flores	<i>Spodoptera exigua</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear de <i>S. exigua</i> .	Spod-X
Hortalizas	<i>Anagrapha falcifera</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear de <i>A. falcifera</i> .	Ninguno por el momento
Alfalfa y otros cultivos	<i>Autographa californica</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear de <i>A. californica</i> .	Gusano Biological Pesticide
Especies forestales	<i>Orgyia pseudotsugata</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear de <i>O. pseudotsugata</i> .	TM Biocontrol
Especies forestales	<i>Lymantria dispar</i>	Virus de la polyhedrosis nuclear	Gypchek

TIPOS DE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS			
CULTIVOS	INSECTOS PLAGA	VIRUS USADOS	NOMBRE COMERCIAL
		de <i>L. dispar</i> .	

Nicholls, 2006

La mayoría de baculovirus usados como agentes de control biológico pertenecen al género *Nucleopolyhedrovirus*. Estos virus son excelentes candidatos para la elaboración de bioinsecticidas debido a su especificidad. Han demostrado que no producen efectos negativos en las plantas, mamíferos, aves, peces y otros insectos.

Virus producidos masivamente en laboratorio han sido aplicados en áreas limitadas con mucho éxito. En ensayos en el estado de Maryland (USA), las aplicaciones del virus de la Granulosis fueron tan efectivas como las de *Bt*. En otros ensayos en Nueva York, la aplicación de este mismo virus resultó igualmente efectiva que la acción de los pesticidas sintéticos.

Como resumen se puede decir que los baculovirus pueden ser encontrados en cualquier lugar donde se encuentren sus huéspedes. Como la mayoría de virus, los baculovirus tienden a ser específicos al género o especies de un determinado insecto plaga. Sin embargo, existen algunas excepciones a esta regla como es el caso del Virus de la Polyhedrosis Nuclear de *Autographa californica*. La mayoría del trabajo realizado por los genetistas tiene que ver con la determinación de los genes que controlan el rango de hospederos del baculovirus. Los virus no pueden reproducirse por sí solos, necesitan de un huésped por lo que son parásitos obligados. Los baculovirus no son la excepción. Las células del cuerpo del huésped (una vez que el virus ha ingresado) son controladas por el mensaje genético llevado por cada virión, haciendo que se produzcan más partículas virales hasta que las células y el insecto mueren. La infección por baculovirus empieza cuando el insecto ingiere partículas virales. El insecto infectado muere y se "derrite" o cae en el follaje, liberando más virus. Este material infeccioso adicional puede afectar a más insectos, continuando con el ciclo. Se conoce que los baculovirus pueden ser tan efectivos en el control de plagas como los pesticidas químicos.

Algunos virus pueden ser producidos *in vitro* (dentro de cultivos celulares, sin requerir de insectos vivos). Estos son más baratos que los que requieren ser producidos *in vivo* (dentro de insectos vivos). El costo de la cría de huéspedes vivos influye directamente en el producto final. Los insectos muertos por baculovirus tienen una apariencia aceitosa y brillante, y usualmente se los ve colgando de la vegetación. Son extremadamente frágiles al tacto, rompiéndose para liberar el fluido que contiene los virus. La tendencia del huésped de permanecer colgado en el follaje y su rompimiento es un aspecto importante en el ciclo de vida del virus. Es interesante notar que la mayoría de baculovirus, al contrario de otros virus, pueden ser vistos con un microscopio de luz.

La eficacia de los baculovirus puede ser alterada en muchas formas por los efectos de los insecticidas químicos sobre los insectos hospederos. Existen algunos baculovirus que ya están registrados en el mercado y otros que están en vía de desarrollo. En la Tabla 13 se muestran los virus que tienen potencial como controladores de plagas específicas en diferentes sistemas de cultivo.

Tabla 13. Virus con potencial como controladores de plagas específicas

PLAGA A CONTROLAR	VIRUS	CULTIVO O HABITAT	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRODUCTOR
Registrados o en uso				
Larvas de Lepidóptero				
<i>Anticarsia gemmantalis</i>	VPN	Soja	Ninguno	Varios/locales (Brasil)
<i>Adoxophyes orana</i>	VG	Huertos de Frutales	Capex	Andermatt Biocontrol (Suiza)
<i>Cydia pomonella</i>	VG	Manzana, almendros	Madex	Andermatt Biocontrol
<i>Helicoverpa zea</i>	VPN	Maiz, Algodón, vegetales	Gemstar	Thermo-Trilogy (USA)
<i>Lymatria dispar</i>	VPN	Bosques	Gypcheck Dispavirus	Thermo-Trilogy Canadian Forest Service
<i>Mamestra brassicae</i>	VPN	Vegetales	Mamestrín	Caliope (Francia)
<i>Orgyia pseudotsugata</i>	VPN	Bosques (Douglas fir forests)	TM Biocontrol-1	Thermo-Trilogy
<i>Spodoptera littoralis</i>	VPN	Algodón, Maiz	Spodopterín	Caliope
<i>Spodoptera exigua</i>	VPN	Vegetales	Spod-X	Thermo-Trilogy
Larvas de Dipera				
<i>Gilpina hercyniae</i>	VPN	Bosques (Spruce forests)		
<i>Neodiprion sertifer</i>	VPN	Bosques de pinos	Neocheck-S Sentifervirus	
<i>N. lecontei</i>	VPN	Bosques de pinos	Lecopntivirus	Canadian Forest Service
En desarrollo				
Larvas de Lepidópteros				
<i>Autographa californica</i>	VPN	Vegetales	Gusano	Thermo-Trilogy
<i>S. exigua</i>	VPN	vegetales	Spod-X	Thermo-Trilogy
<i>Cydia pomonella</i>	VG	Manzano, almendros	CYD-X	Thermo-Trilogy
<i>Plodia interpunctella</i>	VG	Diferntes nueces	ninguno	USDA

Nicholls, 2006

Nematodos

Los nematodos entomopatogenos (asociados a insectos) tienen un gran potencial para el control biológico de muchas plagas de insectos de importancia económica.

Los nemátodos son considerados como gusanos circulares simples con simetría bilateral, son translucidos generalmente elongados, y con extremos redondeados o terminados en punta. Su cuerpo esta cubierto por una cutícula lisa con estrías o anulaciones externas.

Pueden ser de vida libre, parásitos o depredadores. Muchas de las especies



parásitas ocasionan importantes enfermedades en plantas, animales y humanos. Otras especies son benéficas ya que atacan a insectos plaga, la mayoría esterilizan o debilitan a su huésped; muy pocos causan la muerte del insecto. Estas especies suelen ser difíciles de producir debido a su alto costo o ciclo de vida complejo y poseen un rango de hospederos muy específico, algunas otras, poseen una modesta virulencia.

Los nematodos entomopatogenos se encuentran agrupados en los nemata. Existen dos clases, Adenophorea y Secernentea. En la primera clase se encuentra el orden Mermitida, parásitos de insectos. Por otro lado los Secernentea muestran mayor diversidad incluyendo los órdenes Rhabditida, Diplogasterida, Ascaridida y Tylenchida (Maggenti, 1981; Poinar 1979).

Steinernematidae* y *Heterorhabditidae

Estas familias parasitas de insectos se caracterizan por: 1) su alta virulencia y amplio rango de hospederos, que incluyen la mayoría de los órdenes y familias de insectos; 2) porque pueden ser propagados en forma masiva. Estos nematodos además pueden matar a su hospedero a las 24-48 horas después de ocurrida la infección. Por lo cual estos nematodos son atractivos desde el punto de vista biológico y comercial (Poinar, 1990).

Existen actualmente nueve especies de *Steinernema* y tres de *Heterorhabditis* colectadas en diferentes áreas geográficas (Poinar, 1990). El ciclo biológico de ambos géneros es muy similar, se inicia con el tercer estado juvenil, caracterizado por retener la cutícula del segundo estado juvenil, que le permite adaptarse y permanecer en el medio ambiente durante largo tiempo. Estas formas juveniles tienen la tendencia de buscar su hospedero y una vez que hace contacto con este logra penetrar a través de las aberturas naturales (boca, espiráculos, ano) o a través de la cutícula. Una vez que el nematodo entra en el hemocele del insecto, este libera la bacteria, esta empieza a multiplicarse causando septicemia que mata al hospedero. La bacteria es consumida y digerida por los nematodos.

Una de las principales diferencias en el desarrollo entre *Steinernema* y *Heterorhabditis* es que en el primer caso, hay diferenciación de hembras y machos pero nunca formas hermafroditas; mientras que en *Heterorhabditis* la primera generación de adultos es hermafrodita y la segunda consiste de hembras y machos.

La bacteria asociada con heterorhabditidos (*X. luminescens*) tiene similitud a *X. nematophilus*, simbionte de *Steinernema*, pero los insectos infectados toman un

color rojo ladrillo en lugar del café ocre, característico de insectos infectados con *X. nematophilis* y luminescen en la oscuridad (Poinar et al., 1980).

Los nemátodos entomopatógenos forman un complejo nemátodo-bacteria (Tabla 14). Los nemátodos actúan como una "inyección biológica" para su compañera bacteriana, la relación entre estos dos organismos es un clásico mutualismo. El nemátodo puede crecer y reproducirse dentro de su huésped dependiendo de las condiciones establecidas por la bacteria. La bacteria también contribuye con proteínas anti-inmunes para ayudar al nemátodo a burlar las defensas del organismo del hospedero, y con antimicrobianos que impiden la colonización del cadáver por parte de otros microorganismos competidores. Adicionalmente, la bacteria carece de poderes invasivos y es completamente dependiente del nemátodo para ingresar dentro de su huésped.

Tabla 14. Especies de *Steinernema* y *Heterorhabditis* y su bacteria mutualista

NEMATODO	ESPECIE DE BACTERIA ASOCIADA
<i>Steinernema arpcapsae</i>	<i>Xenorhabdus nematophilus</i>
<i>S. feltias</i> (= <i>bibionis</i>)	<i>X. bovienii</i>
<i>S. araussei</i>	<i>X. bovienii</i>
<i>S. affinis</i>	<i>X. bovienii</i>
<i>S. intermedia</i>	<i>X. bovienii</i>
<i>S. glaseri</i>	<i>X. poinari</i>
Especie no identificada	<i>X. beddingii</i>
<i>S. rara</i>	<i>Xenorhabdus sp.</i>
<i>S. anumali</i>	<i>Xenorhabdus sp.</i>
<i>Heterorhabditis spp</i>	<i>X. luminescens</i>

Nicholls, 2006

La dispersión de *Steinernema* y *Heterorhabditis* es dependiente de la textura del suelo y de la presencia de su hospedero. En suelos arcillosos el movimiento de los nematodos es limitado (Molyneux y Bedding, 1984).

La humedad y temperatura del sustrato tienen un efecto importante. Condiciones de baja humedad y baja temperatura inhiben el movimiento de los nematodos. El exceso de agua reduce también el movimiento del nemátodo debido a asfixia (Kaya, 1990).

Estos nematodos ven favorecida su dispersión ya que responden positivamente a señales físicas y químicas producidas por los insectos (CO₂, gradientes químicos, etc.) (Pye y Burman, 1981).

Los hospederos infectados por estos nematodos, que viven por un periodo de 48 horas antes de morir pueden también servir como un medio para que los nematodos se dispersen en el suelo. Las larvas infectadas pueden moverse lateralmente o hacia abajo en el suelo, y los adultos infectivos pueden volar varios metros antes de morir y establecer un nuevo foco de infección (Molyneux et al., 1983; Timper et al; 1988).

Para sobrevivir o persistir en el suelo, su reservorio natural, estos nematodos entomopatógenos han desarrollado tres estrategias de comportamiento: agrupación, inactividad y antihidrobiosis (Ishibashi y Kondo, 1990; Womersley, 1990), estrategias

que tienen un valor protector. Además para persistir estos necesitan reproducirse o reciclarse dentro de un hospedero.

Estas familias han sido usadas como agentes de control a nivel comercial porque ellas poseen los siguientes atributos:

- Un amplio rango de hospederos
- La habilidad de matar a su hospedero en 48 horas
- La capacidad de crecer en un medio artificial
- Un estado infectivo durable el cual puede ser guardado por vario tiempo
- Una ausencia de desarrollo de resistencia por el hospedero
- Aparentemente seguro al ambiente

Los nemátodos entomopatógenos son formulados y aplicados en estados juveniles infectivos, la única etapa de vida libre y tolerante al ambiente. Las dimensiones de estos juveniles van desde 0.4 a 1.1 mm de longitud, por lo que pueden ser observados con lupa o microscopio. Cuando son molestados se mueven rápidamente, y cuando se encuentran en medios líquidos toman una forma de "J" (*S. carpocapsae* y *S. scapterisci*). Las bajas temperaturas y niveles de oxígeno pueden inhibir su movimiento, incluso si son especies muy activas como *S. glaseri* y *H. bacteriophaga*. Los nemátodos de buena calidad tienden a poseer altos niveles de lípidos que proveen una apariencia densa, mientras que los nemátodos transparentes son activos pero poseen menos virulencia.

Los nemátodos entomopatógenos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* habitan exclusivamente en el suelo. Han sido aislados de una gran diversidad de hábitats tales como: cultivos, bosques, pastizales, desiertos y playas.

Debido a que las bacterias simbióticas matan a los insectos tan rápidamente, no existe una íntima relación entre el huésped y el parásito. En consecuencia, los nemátodos entomopatógenos son letales para un amplio rango de hospederos. En la Tabla 15 se pueden observar los huéspedes de los nemátodos entomopatógenos en diferentes cultivos.

Tabla 15. Principales hospederos de nematodos entomopatógenos

Cultivo	Hospederos	Nemátodo entomopatógeno
Alcachofa	<i>Platyptilia carduidactyla</i>	<i>S. carpocapsae</i>
Bayas	Gorgojos de las raíces	<i>H. bacteriophora</i>
Cítricos	Gorgojos de las raíces	<i>S. riobravis</i>
Arándanos	Gorgojos de las raíces <i>Chrysoteuchia topiaria</i>	<i>H. bacteriophora</i> , <i>S. carpocapsae</i> <i>S. carpocapsae</i>
Champiñones	Dípteros de la familia Sciaridae	<i>S. feltiae</i>
Ornamentales	Gorgojos de las raíces	<i>H. bacteriophora</i> , <i>H. megidis</i>

Cultivo	Hospederos	Nemátodo entomopatógeno
	Taladradores Dípteros de las familias Fungivoridae y Sciaridae	<i>S. carpocapsae</i> , <i>H. bacteriophora</i> <i>S. feltiae</i>
Pastos	Escarabajos Grillos Gorgojos Gusanos cortadores y otros gusanos	<i>H. bacteriophora</i> <i>S. riobravis</i> , <i>S. scapterisci</i> <i>H. bacteriophora</i> , <i>S. carpocapsae</i> <i>S. carpocapsae</i>

Nicholls, 2006

Los nemátodos entomopatógenos son marcadamente versátiles y son muy útiles para controlar muchas especies de insectos plaga del suelo, lamentablemente su uso es todavía restringido. Como otros agentes de control biológico, los nemátodos son susceptibles a muchos factores adversos al ser seres vivos que requieren de condiciones específicas para ser efectivos. La deshidratación y los rayos UV eliminan rápidamente a los nemátodos.

Las estrategias de conservación para los nemátodos entomopatógenos han sido pobremente desarrolladas. Se recomienda no realizar riegos luego de la aplicación, ya que esto lavaría a los juveniles en el suelo, llevándolos hacia partes más profundas. Las poblaciones nativas son significativamente prevalentes.

El suelo ofrece un excelente sitio para que ocurra la interacción entre nematodos e insectos; más del 90% de los insectos pasan parte de su vida en el suelo, siendo este el reservorio natural de los nematodos steinernematidos y heterorhabditidos.

Las pruebas de campo contra larvas de Scarabaeidae se han concentrado en el uso de *S. carpocapsae* y *Heterorabditis* sp. Diferentes razas de estos dos nematodos han sido probadas demostrando que las especies de *Heterorhabditis* son superiores contra plagas del suelo debido a su actividad, estos se mueven verticalmente alcanzando cierta profundidad del suelo y además pueden penetrar las membranas ínter segmentales del insecto. Sin embargo, algunas pruebas de campo realizadas en Estados Unidos con *H. bacteriophora* no han sido muy exitosas. Estos resultados negativos reflejan diferencias entre razas, e influencia de factores ambientales adversos.

Las bajas temperaturas en el suelo son un factor limitante que restringe la actividad de los nematodos. Un control de 88% se obtiene cuando la temperatura fluctúa entre 21-20°C (Klein, 1990). La humedad del suelo también constituye un factor crítico para la sobrevivencia y movimiento de los nematodos. Jackson et al., (1983) demostraron que los nematodos aplicados durante la lluvia o después de irrigar fueron capaces de establecerse en comparación con los aplicados en condiciones secas.

La aplicación de nematodos por inyección ha solucionado el problema de establecimiento de los nematodos en pastos. Sin embargo, los nematodos deben ser inyectados debajo de la capa de materia orgánica y en la zona de actividad de los escarabajos (Klein, 1990).

Muchos curculionidos plaga de pastizales y cultivos agrícolas constituyen hospederos ideales para los nematodos entomopatógenos. Por ejemplo *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga importante en plantas de semillero e invernadero y ha sido controlados en forma exitosa con *H. bacteriophora*, obteniendo un 100% de control en frambuesa y 87% de control en ciclamen y fresas (Beddgin, 1984).

La introducción de *S. carpocapsae*, *S. glaseri* y *H. bacteriophora* proporciona un control significativo de *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) en Cítricos. En parcelas tratadas con *S. carpocapsae* se observó un 100% de mortalidad. Gracias a los resultados tan promisorios de estos nematodos en Florida se está estimulando la investigación para lograr nuevas especies o razas más agresivas (Klein, 1990).

Los nematodos entomopatógenos muestran un alto potencial para el control en campo de diferentes curculionidos, siendo considerados como una alternativa de control. El mejor conocimiento de las complejas interrelaciones que ocurren en el suelo, permitirá maximizar el uso de los nematodos entomopatógenos en el control biológico.

El uso más prometedor de steinernematidos y heterorhabditidos ha sido contra insectos en hábitats protegidos, como son las galerías de insectos barrenadores donde los nematodos están protegidos de los factores desfavorables del medio ambiente.

La aplicación de nematodos contra barrenadores susceptibles (por ejemplo *Prionoxystus robiniae* (Lepidóptero: Cossidae) en higo; *Synanthedon tipuliformis* (Lepidóptero: Sesiidae) en grosella) provocan reducción en el número de larvas, sin embargo no previenen el daño. El éxito obtenido en el control de algunos barrenadores se debe principalmente a las condiciones favorables de las galerías, a la habilidad de los nematodos para buscar a su hospedero, y a la alta susceptibilidad del insecto plaga.

La utilización de los nematodos constituye una estrategia que debe ser utilizada en base a un programa de manejo ecológico de plagas. El ciclo de vida del insecto plaga debe conocerse determinándose el estado más vulnerable en relación a su medio ambiente y para la infección del nematodo definir la estrategia de manejo.

En resumen de los **entomopatógenos** se puede decir que se conoce mucho acerca de los organismos como bacterias, hongos y virus en condiciones de laboratorio, pero medidas estrictas de precaución han demorado su aparición como preparaciones comerciales. Por ejemplo con los hongos existen limitaciones puesto que estos patógenos requieren condiciones específicas de humedad para ser efectivos. Sin embargo, en Brasil, el hongo *Metarhizium anisopliae* ha mostrado un gran potencial en condiciones de campo como controlador de ciertas plagas como salivazos (Homóptera: Cercopidae) en caña de azúcar y pastos. Otros hongos tales como *Verticillium*, *Beauveria* y *Entomophthora* parecen tener un futuro promisorio controlando varios insectos incluyendo thrips, áfidos y (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Hirsutiella thompsonii* está siendo usado en pequeña escala para el

control del acaro de los cítricos *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae), mientras que *Verticillium lecanii* esta siendo producido comercialmente para el control de áfidos.

Los hongos tienen otros usos además del control de insectos plaga. Ciertas formas que habitan en el suelo (soil-inhabiting forms) capturan y digieren el contenido del cuerpo de los nematodos que están en contacto con ellos. Estos hongos pueden ser cultivados en condiciones de laboratorio y posteriormente ser dispersos en el campo. Otro hongo, *Dactylella oviparasitica* puede ocurrir en condiciones naturales y atacar los huevos de nematodos en las raíces (root-knot nematodos) proporcionando un control efectivo en huertos de duraznos.

Los virus como agentes de control han atraído más atención en los últimos años. Naturalmente ha habido cautela en su uso, pero la mayoría de los que causan enfermedad a insectos son muy específicos. Los grupos más interesantes para el control de plagas son el Virus de la Polyhedrosis Nuclear (VPN) y el Virus de la Granulosis (VG). Por ejemplo la avispa *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera: Tetracampidae) ha sido controlada bien en muchas partes de Canadá con el VPN. Aunque las preparaciones del virus pueden ser aplicadas, este virus también se disemina a través de la población de la avispa. Otros VPN exhiben potencial promisorio para el control de larvas de lepidóptero plagas. Dos especies de plaga *Heliothis zea* (Lepidóptero: Noctuidae) y *Lymantria dispar* (Lepidóptero: Lymantriidae) han sido controladas con su respectivo VPN.

Los Protozoos también han sido investigados como agentes de control biológico. El protozoo *Nosema locustae* (Microsporida) ha sido usado exitosamente en programas de control contra infestaciones de langostas en el Oeste de Estados Unidos.

Una ventaja del uso de los entomopatógenos de insectos es que algunos son fáciles de cultivar masivamente para realizar aplicaciones periódicamente. Generalmente son bastante específicos y no afectan al ser humano, aunque ocasionalmente hay problemas con alergias a las formulaciones que contienen el patógeno. Las principales desventajas son su dependencia de las condiciones ambientales, como por ejemplo la humedad para los hongos y nematodos, y que deben ser ingeridos- con excepción de los hongos y algunos nematodos- para infectar al insecto.

La utilización de patógenos en el control biológico considera aquellos factores que promueven una epidemia, tales como propiedades del patógeno (tipo de transmisión, virulencia y persistencia). La mayoría de ellos se transmiten horizontalmente, es decir, por diseminación entre los individuos de la misma generación; algunos protozoarios y virus se transmiten verticalmente, mediante el traspaso del patógeno de la madre del insecto a sus huevos. Es preferible utilizar patógenos muy virulentos para liberaciones periódicas, los cuales generalmente no persisten por mucho tiempo en el ambiente, mientras que para las liberaciones inoculativas es mejor emplear los patógenos con virulencia más moderada, puesto que es deseable un patógeno con gran capacidad para sobrevivir en el ambiente. La persistencia en el ambiente es afectada no solo por la virulencia, sino también por el tipo de transmisión, es decir, es favorecida por la baja virulencia y por la transmisión vertical. Además, factores tales como la densidad y la distribución de la población de

una plaga, así como su comportamiento (por ejemplo si es gregaria o no), pueden afectar la ecología poblacional de los patógenos (Tabla 16).

Tabla 16. Datos comparativos de los rangos de hospederos, modo de entrada y velocidad para matar de los principales grupos de entomopatogenos

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE ENTOMOPATOGENOS				
	VIRUS	BACTERIA	HONGOS	PROTOZOARIOS
Rango de hospederos	Principalmente Lepidóptero e Hymenoptera: a veces son específicos de ciertos géneros y especies	Principalmente Diptera y Lepidóptero y Coleoptera; contiene razas específicas para cada grupo	Amplio espectrum	Amplia especificidad a nivel de familia
Modo de entrada	Oral	Oral	Via cutícula	Oral
Velocidad para matar	3-10 días; considerablement e mas largo para <i>Oryctes virus</i>	30 minutos – 1 día	4-7 días	Crónico mas que letal

Nicholls, 2006

Aunque los entomopatogenos no constituyen una de las principales estrategias de control, los patógenos y nematodos han sido útiles en el pasado y podrían jugar un papel muy importante como insecticidas microbianos. Puede que estos no sean de un espectro tan amplio como los insecticidas, pero datos científicos demuestran que los entomopatogenos son más compatibles con el ambiente, pueden ser más efectivos desde el punto de vista económico y por lo tanto pueden ser más apropiados a usar. Un Mayor uso de estos patógenos y nematodos será facilitado mediante un mejoramiento continuo de la eficacia, producción y formulación; mediante regulaciones específicas para su registración y a través de un delineamiento del rol de los entomopatogenos dentro de programas alternativos de control de plagas.

En la Tabla 17 se presenta un resumen de organismos entomopatogenos mas usados en el Paraguay.

Tabla 17. Hongos antagonistas y entomopatógenos utilizados en el Paraguay.

<p>Trichoderma Hongo natural del suelo</p>	<p>Acción: Biorregulador de hongos fitopatógenos.</p> <p>Modo de acción: Hongo antagonistas, parásita, compite por el sustrato, acción antibiótica.</p> <p>Controla: Hongos del género <i>Fusarium</i>, <i>Vertisillium</i>, <i>Sclerotium</i>, <i>Phytium</i>, <i>Rhizoctonia solani</i>, <i>Botrytis</i>, <i>Alternaria</i>, <i>Phytophthora</i>, <i>Damping off</i>.</p> <p>Nombre vulgar: Mbiru (enfermedades)</p> <p>Presentación: Sólido y Líquido</p> <p>Cultivos Aplicados: Soja , Algodón, Mandioca</p> <p>Hortalizas como Tomate, Pimiento, Repollo etc. Frutas: piña, cítricos.</p>
<p>Beauveria bassiana</p>	<p>Acción: Biorregulador de insectos plaga.</p> <p>Modo de acción: Hongo entomopatógeno, parásito de larvas y adultos de Lepidópteros, Coleópteros, Homópteros y Hemípteros.</p> <p>Controla: Picudo del algodón (<i>Anthonomus grandis</i>) Picudo de la soja (<i>Sternechus sp</i>), Gusano karu del maíz (<i>Spodoptera spp</i>). Chinche (<i>Pseudoplusia ni</i>)</p> <p>Presentación: Sólido y Líquido</p> <p>Cultivos Aplicados: Soja, Algodón, Maíz, Hortalizas, Cítricos</p>
<p>Metarhizium anisopliae</p>	<p>Acción: Biorregulador de insectos plaga.</p> <p>Modo de acción: Hongo entomopatógeno, parásito de larvas y adultos de Lepidópteros, Coleópteros, Homópteros y Hemípteros.</p> <p>Controla: Chinche (<i>Nezara viridula</i> , <i>Piezodorus sp.</i>). Hormigas cortadoras (<i>Atta sexdens</i>). Akekê (<i>Acromirmex spp.</i>).</p> <p>Presentación: Sólido y Líquido.</p> <p>Cultivos Aplicados: Soja, Algodón, Maíz, Hortalizas, Cítricos</p>
<p>Verticillium lecanii</p>	<p>Acción: Biorregulador de insectos plaga.</p> <p>Modo de acción: Hongo entomopatógeno.</p> <p>Controla: Pulgones (<i>Aphis spp</i>), Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)</p> <p>Presentación: Líquido</p> <p>Cultivos Aplicados: Cítricos, Cucurbitáceas, Arvejas.</p>
<p>Baculovirus anticarsia</p>	<p>Acción: Biocontrolador de insectos plaga</p> <p>Modo de acción: Virus específicos.</p> <p>Controla: Yso karu de la soja (<i>Anticarsia gemmatalis</i>).</p> <p>Presentación: Sólido</p> <p>Cultivos Aplicados: Soja</p>

Bacillus thuringiensis	<p>Acción: Biocontrolador de insectos plaga (larvas de lepidópteros)</p> <p>Modo de acción: Entomopatógeno bacterial.</p> <p>Controla: Yso karu de la soja (<i>Anticarsia gemmatalis</i>), Yso karu del algodón (<i>Alabama argillacea</i>), maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>) y de la mandioca (<i>Erinnis sp.</i>).</p> <p>Presentación: Sólido</p> <p>Cultivos Aplicados: Soja, Algodón.</p>
-------------------------------	--

Insecticidas botánicos

Algunas plantas contienen componentes que son tóxicos a los insectos, cuando estos compuestos son extraídos y aplicados a ciertos cultivos infectados, estos componentes son llamados insecticidas botánicos. El uso de extractos de plantas para controlar insectos perjudiciales no es algo nuevo. Rotenona (*Derris sp.* Flia. Asteraceae), nicotina (*Tabacum sp.* Flia. Solanáceas), y las piretrinas (*Chrysanthemum cinerariaefolium.* Flia. Asteraceae) han sido usados ampliamente en la pequeña agricultura de subsistencia y en la agricultura comercial. La mayoría de los defensivos botánicos son veneno de contacto, respiratorio o estomacal por lo tanto no son muy selectivos pero afectan a una amplia gama de insectos.

Estos insecticidas no poseen una toxicidad muy alta y sus efectos negativos en los organismos benéficos pueden ser sustancialmente reducidos si se aplican selectivamente. Por otra parte, los insecticidas botánicos son altamente biodegradables, lo que los vuelve inactivos en días y a veces en unas pocas horas.

Sin embargo, a pesar de ser naturales y de ser ampliamente usados en los sistemas agrícolas, algunos insecticidas botánicos pueden ser peligrosos para los seres humanos y altamente tóxicos para ciertos enemigos naturales. La nicotina por ejemplo, derivada de la planta de tabaco, es uno de los venenos orgánicos más tóxicos para los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

Antes de aplicar los pesticidas botánicos en gran escala, su efecto en el ecosistema debe de ser probado en un pequeño experimento de campo, no utilice los insecticidas botánicos como último recurso, primero entienda el ecosistema y cómo estos productos lo influncian.

A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos se empieza a trabajar con los insecticidas botánicos ofreciendo seguridad para el medio ambiente y una eficiente opción agronómica (Borembaum, 1989).

Muchas plantas son capaces de sintetizar metabolitos secundarios que poseen propiedades biológicas con importancia contra insectos plagas (Matthews, 1993; Enriz, 2000; Calderón, 2001; Céspedes, 2001; González-Coloma; 2002). La selección de plantas que contengan metabolitos secundarios capaces de ser utilizados como insecticidas naturales deben ser de fácil cultivo y con principios activos potentes, con alta estabilidad química y de optima producción.

Los principales compuestos aislados de plantas usadas desde hace mucho tiempo para fines insecticidas se encuentran:

Neem: insecticida derivado del árbol del neem *Azadirachta indica* (Familia: Meliáceas) que habita en las regiones tropicales secas y contiene varios compuestos insecticidas.

Las hojas y las semillas pueden ser usadas para preparar un extracto de neem, las semillas contienen más aceite que las hojas, sólo que las hojas están disponibles todo el año. La solución hecha con neem pierde su efectividad 8 horas después de la preparación y cuando son expuestas a la luz solar directamente; es más eficaz al aplicar las soluciones de neem en la tarde inmediatamente después de su preparación y en condiciones de humedad o cuando las plantas e insectos están húmedos. Altas concentraciones de neem pueden causar quemaduras en las plantas, además ciertos enemigos naturales pueden ser afectados por las aplicaciones de neem.

La azadiractina, que se extrae de las hojas y las semillas, es el principal agente de la planta para combatir los insectos. Ha probado ser eficaz en dosis microscópicas contra más de 250 especies probadas. Los componentes del neem son parecidos a las hormonas, por lo que los cuerpos de los insectos absorben estos componentes como si fueran hormonas auténticas.

Estas hormonas falsas bloquean el sistema endocrino de los insectos, causando una confusión cerebral y corporal que impide su reproducción, perturbando su fecundidad y oviposición. Una utilización repetida del neem resulta en una reducción progresiva de la población. Los extractos del neem afectan a diferentes insectos de manera diferente, por ejemplo:



- Repeliendo a insectos y larvas
- Impidiendo el desarrollo de las larvas, crisálidas
- Trastornando la reproducción
- Trastornando la facultad de alimentarse
- Envenenando a larvas y adultos.

Las temperaturas ambientales altas incrementan y aceleran los efectos porque los insectos son más activos que con temperaturas bajas.

A pesar de tener una gran selectividad, los derivados del neem afectan entre cuatrocientas y quinientas especies de plagas pertenecientes a Blattodea, Caelifera, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Ensifera, Hetroptera, Homóptero, Hymenoptera, Isóptero, Lepidóptero, Phasmida, Phtniraptera, Siphonoptera y Thysanoptera, ostracodos, arañas y nematodos, especies nocivas de lombrices y hongos, incluyendo el productor de aflatoxina, *asperguillus flavus*. Resultados obtenidos en pruebas de campo en plantaciones de cultivos alimenticios hechas en países tropicales, han demostrado los beneficios del control de plagas a base de los derivados del neem aumentando así la productividad (www.fibl.org/espanol/manual.pdf)

Por ejemplo en Ghana África, el extracto de semilla escarificada de neem fue probado por los agricultores en un tratamiento en los coles y mostró un efecto repelente muy eficaz en palomilla dorsa de diamante (*Plutella xylostella*). Para su preparación: se trituran 30 gramos de semilla escarificada (removido el exterior) de

neem y se mezclan en un litro de agua, se deja la mezcla descansar durante toda una noche, a la mañana siguiente se filtra la solución a través de una tela colador y se usa inmediatamente en aspersión .

Piretro: Piretro es una especie de Crisântemo *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Familia: Asteraceae). En los trópicos el piretro crece en las zonas montañosas debido a que necesita temperaturas frías para desarrollar las flores. Las sustancias insecticidas son extraídas del polvo de flor seca de piretro, las cabezas de las flores son secadas y pulverizadas para fabricar un polvo, este polvo puede ser usado directamente o en una infusión con agua y asperjado a las plantas.



El piretro es el extracto de oleorresina de las flores secas de crisantemo. El extracto contiene aproximadamente 50% de ingredientes insecticidas activos conocidos como piretrinas. Los ésteres ceto-alcohólicos de los ácidos crisantémico y piretroico se conocen como piretrinas, cinerinas y jasmolinas. Estos ésteres son fuertemente lipofílicos, penetran con suma rapidez en muchos insectos y paralizan su sistema nervioso.

El extracto crudo de piretro y las piretrinas purificadas se encuentran en varios productos comerciales, comúnmente disueltos en destilados de petróleo. Algunos de ellos se empacan en recipientes presurizados (“bombas para insectos”), casi siempre en combinación con sustancias sinérgicas, como

el butóxido de piperonilo y la noctil- biciclohepten-dicarboximida. Estas sustancias sinérgicas retardan la degradación enzimático de las piretrinas. Algunos productos comerciales también contienen insecticidas organofosfatados o carbámicos. Éstos se incluyen debido a que el rápido efecto paralítico de las piretrinas en los insectos (“efecto de derribo rápido”) no siempre es letal (www.EPA.org) .

Los productos a base de piretro y piretrinas se utilizan para controlar plagas en interiores, pues no son lo suficientemente estables en presencia de luz y calor para permanecer como residuos activos en los cultivos. En cambio, los insecticidas sintéticos conocidos como piretroides (químicamente similares a las piretrinas) sí tienen la estabilidad necesaria para la aplicación agrícola (Fibl, 2007).

Las piretrinas causan parálisis inmediata a la mayoría de los insectos, en dosis pequeñas las piretrinas no matan pero tienen el efecto de knockout sobre los insectos las dosis altas matan a los insectos; las piretrinas no son venenosas para el humano y otros animales de sangre caliente, no obstante, en algunos humanos estas generan reacciones alérgicas pudiendo ser la causa de erupciones y en el caso de que se respire el polvo esto puede causar dolores de cabeza y otras enfermedades.

Las piretrinas se descomponen muy rápido en contacto con la luz solar por lo cual deben de ser almacenadas en la oscuridad. Condiciones altamente alcalinas y ácidas tienden a descomponer las piretrinas rápidamente por lo cual las soluciones de piretrina no deben ser mezcladas con soluciones de carbonato de calcio o jabón, las mezclas líquidas son relativamente estables durante el almacenamiento pero los polvos pueden perder hasta el 20% de su efectividad en un año.

Atención: Los piretroides son insecticidas sintéticos basados en piretrina pero son mucho más tóxicos y duraderos, los piretroides no están permitidos en la agricultura orgánica. Estos insecticidas son vendidos bajo varios nombres Ambush o Decis.

Algunos piretroides son extremadamente tóxicos para los enemigos naturales, los piretroides son tóxicos a las abejas y los peces. La luz solar no los descompone y ellos se adhieren a las hojas de las plantas durante semanas matando a cualquier insecto que entre en contacto con las hojas, esto los hace menos específicos en su acción y más dañinos al ambiente que las piretrinas, además los piretroides irritan la piel humana.

Rotenona: extraída de la planta derris: *Derris elliptica* y *Lonchocarpus utilis* (Familia: Leguminosae) . La rotenona es un flavonoide que se extrae de las raíces de estas plantas. De la primera se puede obtener un 13% de rotenona mientras que de la segunda un 5%. *Derris* es nativa de los trópicos orientales, mientras que *Lonchocarpus* es del hemisferio occidental. Este compuesto es un insecticida de contacto e ingestión, y repelente. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel de mitocondrias bloqueando la fosforilación del ADP a ATP. Por esto se dice que actúa inhibiendo el metabolismo del insecto. Los síntomas que presentan los insectos intoxicados con rotenona son: disminución del consumo de oxígeno, depresión en la respiración y ataxia que provocan convulsiones y conducen finalmente a la parálisis y muerte del insecto por paro respiratorio (Silva, 2002)



Aunque esta sustancia natural está presente en diversas plantas, la fuente más importante de la rotenona utilizada es la raíz seca de derris. Se formula como polvos y aerosoles (menos del 5% de ingrediente activo), para su uso en jardines y cultivos alimentarios. Varios productos contienen butóxido de piperonilo como sustancia sinérgica; en algunos productos comerciales, se incluyen otros pesticidas.

La rotenona se degrada con rapidez en el ambiente.

Aunque la rotenona es tóxica para el sistema nervioso de insectos, peces y aves, a lo largo de varias décadas los productos comerciales a base de rotenona no han representado un peligro significativo para el hombre: no se han informado fallecimientos ni envenenamientos sistémicos en los humanos con relación a su uso común.

Nicotina: es un alcaloide derivado especialmente de tabaco *Nicotiana tabacum* (Familia: Solanáceas). Sus propiedades insecticidas fueron reconocidas en la primera mitad del siglo XVI. Este compuesto no se encuentra en la planta en forma libre sino que formando maleatos y citratos. La nicotina es básicamente un insecticida de contacto no persistente. Su modo de acción consiste en mimetizar la acetilcolina al combinarse con su receptor en la membrana postsináptica de la unión neuromuscular. El receptor acetilcolínico, es un sitio de acción de la membrana postsináptica que reacciona con la acetilcolina y altera la permeabilidad de la membrana; la actividad de la nicotina ocasiona la generación de nuevos impulsos que provocan contracciones espasmódicas, convulsiones y finalmente la muerte. Hoy en día se encuentran en el mercado un grupo de insecticidas conocidos como neonicotinoides que son copias sintéticas o derivadas de la estructura de la nicotina como son Imidacloprid, Thiacloprid, Nitempiram, Acetamiprid y Thiamethoxam entre otros (Silva et al, 2002).



La nicotina es un alcaloide que se encuentra en las hojas de una gran variedad de plantas pero que, en general, se obtiene comercialmente del tabaco. Una preparación de alcaloide libre al 14% es vendida como fumigante para invernaderos.

Esté consciente del Síndrome de Tabaco Verde causado por absorción dérmica. En la actualidad, ya casi no se utilizan insecticidas a base de nicotina en los Estados Unidos, aunque pueden encontrarse ocasionalmente antiguas preparaciones de insecticidas con nicotina. En la actualidad, la mayoría de los envenenamientos por nicotina son el resultado de ingestión de productos de tabaco y del uso incorrecto de los parchos cutáneos de nicotina (EPA, 2007).

Rianodina: se obtiene de los tallos y raíces de una planta *Ryania speciosa* (Familia: Flacourtiaceae) originaria de América del Sur. De esta planta se obtiene una serie de alcaloides, siendo el mas importante la rianodina. Este alcaloide actúa por contacto y vía estomacal afectando directamente a los músculos impidiendo su contracción y ocasionando parálisis.



Las raíces y los tallos contienen 0,16-0,2 % de alcaloides con propiedades insecticidas. La rianodina, principal alcaloide, es un éster complejo en el que entra a formar parte un ácido 1-pirrolcarboxílico. La planta es utilizada para combatir larvas de diversos Lepidópteros que atacan frutos y particularmente la plaga del gusano del barrenador del tallo del maíz (Silva et al., 2002).

Cebadilla: es un compuesto derivado de las semillas de la planta de origen sudamericano conocido como *Schoenocaulon officinale* (Familia: Liliáceas). Las semillas de esta planta han demostrado tener cantidades importantes de alcaloides que le confieren las propiedades tóxicas.



El polvo de estas semillas es uno de los insecticidas vegetales de menor toxicidad para mamíferos, pero no así si se aíslan sus alcaloides que pueden llegar a ser altamente tóxicos además de irritantes para la piel. (Silva et al., 2002).

Los alcaloides insecticidas son del tipo de la veratrina. La concentración de los alcaloides en la cebadilla comercial es, en general, de menos de 0,5%. En la actualidad, la cebadilla casi no se utiliza en los Estados Unidos, pero es posible que se use en otros países. Los encuentros más tóxicos con alcaloide veratro han ocurrido debido a la ingestión accidental de la planta

Algunos insecticidas botánicos usados en el Paraguay

La búsqueda de métodos para la protección natural de cultivos por parte de los agricultores familiares del Paraguay es constante a pesar de que el mercado ofrece una variedad de productos muy amplia.

Como alternativa los agricultores familiares usan una serie de productos naturales provenientes de una gran variedad de plantas, que actúan inhibiendo, repeliendo, disuadiendo o eliminando insectos plagas de distinto tipo (rastreros, voladores, chupadores, desfoliadores, etc.) como así también estimulando procesos vitales de los cultivos para fortalecerlos y así protegerse de los ataques de las distintas plagas.

Algunas de estas plantas han sido estudiadas científicamente y otras siguen vigentes por leyenda popular (Sánchez, 2002; Stoll, 1989).

La siguiente lista ofrece una variedad de especies utilizadas en el Paraguay desde hace mucho tiempo por distintos agricultores y los conocimientos que se tienen de las propiedades de estas plantas se difunden de boca en boca.

Ajenjo: conocida en otros países como *ajenjo dulce*, su nombre científico *Artemisia annua* (Familia : Asteraceae-Compositae). Otras especies son: *Artemisia vulgaris*, *Artemisia ludoviciana*, *Artemisia mexicana*.



El aceite esencial producido en las partes aéreas de esta planta es usado contra el ataque de insectos plagas de productos almacenados. (Rao, 1999; Tripathi, 2000, 2001). Se conoce el efecto provocado por el aceite sobre el desarrollo y reproducción en chinches. (Rao, 1998). Recientemente, se está investigando la actividad insecticida y antialimentaria de distintas concentraciones del extracto orgánico de las partes aéreas de *A. annua* sobre plagas de

importancia económica, con resultados muy favorables. Por otra parte se está estudiando también el efecto causado por el compuesto activo *artemisina*, conocido y usado mayormente como antimalárico (Kleyman, 1984). Se ha observado mediante pruebas en laboratorio que este compuesto produce efecto antialimentario sobre insectos plaga, como *Epilachna paenulata* (Coleoptera) y *Spodoptera eridania* (Lepidóptero) causando también un porcentaje importante de mortalidad y cambios en el desarrollo larval. Concentraciones del extracto que van desde 0.15 a 1.5 mg/cm², provocan entre un 80 a 100% de actividad antialimentaria.

El Principio activo es el *Cíñelo*, este principio activo provoca un efecto neurotóxico ya que el comportamiento de los insectos tratados con el mismo comienzan a realizar movimientos descoordinados, temblores y colapso (Silva et al., 2002).

Esta planta es tóxica para los animales, por lo que no es recomendable sembrar con pastizales, pero sí al borde de los lotes de cultivo para impedir o restringir el paso de insectos rastreros.

La planta contiene monoterpeno y compuestos azufrados (Lee y Geissmann, 1970; Huneck, et al, 1986; Dominguez y Cardenas, 1975; Alexander y Epstein, 1975). Este último compuesto actúa como fungicida para el control de hongos como *Oidio* en cultivos de cucurbitáceas y hortalizas y como acaricida.

La planta es considerada como repelente de insectos plaga tales como pulgones (*Aphis spp.*), vaquita (*Diabrotica spp.*) y videamin (*Lagria villosa*).

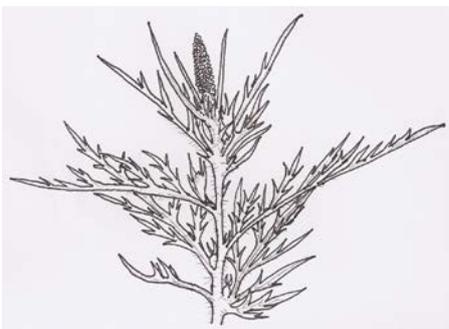
La mezcla de ajeno con ceniza vegetal y jabón como adherente, refuerza su efecto en el control de pulgones según la experiencia práctica de agricultores paraguayos.

Ajo: *Alium sativus* (Familia: Liliaceae). Esta planta contiene sustancias sulfuradas incoloras llamadas *alliina*. La cual durante el proceso de fermentación produce la *alliinasa* que se convierte en *allicina* y el disulfuro de alilo que produce el característico olor a ajo y presenta efecto repelente contra insectos, ácaros y nemátodos en diferentes cultivos como lechuga, zanahoria, apio y fresas (Font Quer, 1992).



Muchos agricultores orgánicos paraguayos cultivan el ajo en forma asociativa en huertas o en campos agrícolas; además, es usado de forma macerada para prevenir o controlar insectos plaga y enfermedades causadas por hongos como *Oidio*. Los bulbos disecados repelen insectos de granos almacenados tales como el gorgojo y la polilla.

Altamisa: *Ambrosia cucumeris* (Familia: Asteracea- Compositae).



La planta contiene altamisina, ambrosina y compuestos azufrados (Borges del Castillo, et. Al 1978, 1980, 1981, 1983; Bahlmann, et. al., 1977; Herz, et. al., 1966, 1969). Este último compuesto presenta efecto insecticida, acaricida y fungicida. También en el género de *Ambrosia* se ha reportado la presencia de un aceite esencial *quercetino* y alcaloides que presentan efecto insecticida (Ayensu, 1982).

En Paraguay muchos agricultores usan macerados o destilados de esta planta, los que actúan como repelente para insectos plaga como pulgones (*Aphis sp*) vidiamin (*Lagria villosa*), burrito (*Epicauta sp.*) y para controlar hongos parásitos obligados como *Oidio* en cultivos anuales y hortícola.

Albahaca: *Ocimum basilicum* (Familia: Lamiaceae).



Principios activos: linalol, estregol, leneol.

La planta contiene aceite esencial, cinnomato de metilo. En las hojas se reportan: esteroides, terpenoides, flavonoides y compuestos fenólicos (Robineau, 1991). Estos componentes son considerados repelentes de insectos plaga en su etapa larval y adulta.

La Planta cultivada es utilizada como repelente de insectos plaga en cultivos de hortalizas. Generalmente la albaca se

asocia con tomates para repeler la palomilla del tomate (*Tuta absoluta*). Esta planta tiene efecto acaricida e insecticida ya que controla polillas, áfidos, moscas y ácaros.

Botón de oro: *Spilanthes oppositifolia* (Familia: Asteracea (Compositae)).

El extracto de las flores del botón de oro en éter de petróleo tiene un compuesto denominado taraxasterol, que presenta actividad anestésica, además produce estimulación a nivel del sistema nervioso central, al igual que otros anestésicos locales (Ospina et al, 1986).

En Paraguay, el botón de oro se asocia con otros cultivos agrícolas especialmente en cultivos de hortalizas y plantaciones de piña (en la zona de Valenzuela, Caraguatay, Departamento de Cordillera) ya que es considerado por los agricultores como controlador o regulador de poblaciones de nemátodos plaga como *Helicotylenchus* y *Meloidogyne* en el suelo.

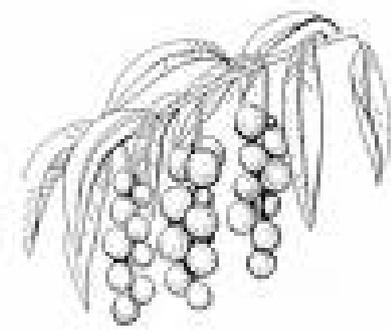
Cola de Caballo: *Equisetum giganteum* (Familia: Equisetáceas).



Esta planta es utilizada por los agricultores en los cultivos olerícolas y hortícola, en forma macerada para la prevención de insectos plaga como burrito (*Epicauta* sp.), vidiamin (*Lagria villosa*), vaquita (*Diabrotica* sp.), tanto en la etapa larval como adulta y la incidencia de enfermedades.

La planta contiene silicio y potasio. Otros de sus principios activos son los saponidos, flavonoides, alcaloides y nicotina, muchos de los cuales poseen comprobados efectos protectores y curativos en la salud humana. Esta planta es considerada como repelente de insectos y de enfermedades por su componente de silicio (Font Quer P, 1992). El silicio actúa como fungistático contra hongos como *Oidio*.

Yvaro: *Prunus salicifolia* (Familia: Rosáceas).



El género *Prunus*, contiene amigdalina, compuesto capaz de ser transformado por la acción de la emulsina en ácido cianhídrico, el cual a cierta dosis, produce graves efectos tóxicos. Existen informes sobre niños que han muerto por haber comido semillas de frutas que contienen glucósidos cianogénicos (Sayre & Kaymakcalan, 1964). Las semillas del yvaro conservan por largo tiempo sus compuestos cianogénicos (Smeathers, 1973; Bachalter, 1969; Biessels, 1974). Por contener compuestos cianogénicos son altamente eficiente para el control de insectos plaga como

pulgones (*Aphis gossipi*), videmin (*Lagria villosa*), picudo del algodónero (*Anthonomus grandis*) y otros insectos.

Menta: *Mentha piperita* (Familia: Labiatae).



La menta contiene aceite esencial, denominado mentol, así mismo otras sustancias como sales minerales, ácido orgánico y taninos. Este último compuesto químico es considerado repelente e insecticida. Los agricultores paraguayos la cultivan en forma asociativa con cítricos y hortalizas para repeler insectos plaga. . Es una planta

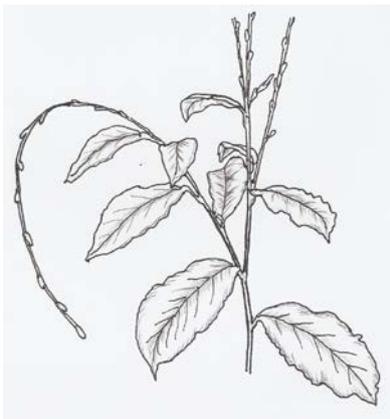
excelente para el control de insectos chupadores como piojos y áfidos en frutales. Además, las hojas trituradas y secas son uno de los remedios más efectivos que existen contra las garrapatas de los animales domésticos. Se aplica espolvoreando la piel del animal y las zonas donde descansa, también es efectivo lavar al animal con una infusión bien concentrada de la planta. Ahuyenta también a las hormigas.

Orégano: *Origanum vulgare* , (Familia: Verbenaceae).



Planta aromática que por lo general son asociadas con cultivos hortícola u olerícolas por su efecto repelente contra insectos plaga. Su composición química reporta contenido de: glucósidos saponínicos, taninos, triterpenos y aceite esencial (Dominguez, et al., 1989). También contiene ciertos minerales como potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre. La planta entera contiene tanino, compuesto que presenta efecto insecticida o repelente y por el contenido de cobre el cual tiene un efecto fungistático (Font Quer P, 1992).

Pipi: *Petiveria allicea* , *Petiveria paraguayensis* (Familia: Phytolacaceae).

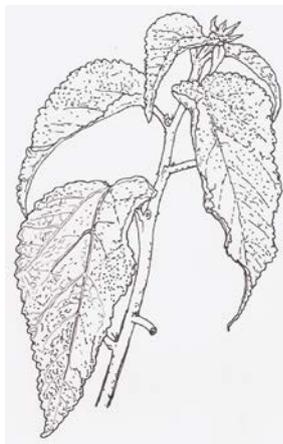


El extracto etanólico (50%) de la planta presenta efecto antimicótico contra varios hongos patógenos que atacan a las plantas (Van Szczeponk et al. 1972), además actividad antibacteriana contra microorganismos Gram negativos.

Así también el aceite esencial de las hojas demostró actividad supresora de alimentación de los insectos en la fase larvaria (*Attagenus piceas*), actividad insecticida contra insectos adultos como moscas (*Muscas doméstica*), mosquitos y actividad repelente contra polilla de la ropa (Graing y Ahmed, 1988; Olaifa, et al, 1987). El extracto alcohólico de las hojas

presenta actividad nematocida contra *Meloidogyne* spp. (Ramos, 1969).

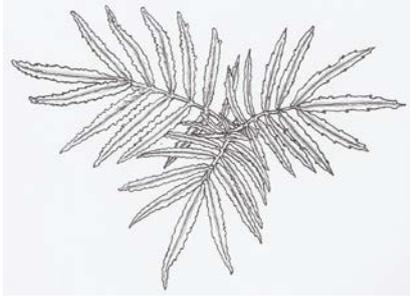
Pyno guazu: *Ureara baccifera*, *Urtica baccifera* (Familia: Urticaceae).



Principios activos: serotonina, histamina, filosterina. Acelera la descomposición de la materia orgánica para la formación del compost con le cual se estimula el crecimiento de las plantas y controla larvas y pulgones.

En la planta se ha reportado alto contenido de calcio que actúa como estimulante de crecimiento, su aplicación ha arrojado resultados positivos para los agricultores. También actúa como repelentes de insectos perjudiciales como pulgones (*Aphis spp.*), larvas de mariposas (Familia: Lepidóptero) (Claudete Burg, 2002).

Suico: *Tagetes minuta* (Familia: Asteracea (Compuesta)).



Planta tóxica para las larvas de diferentes mosquitos. Sus secreciones radiculares son una barrera eficaz contra los nemátodos, por lo que se cultivan en proximidad plantas susceptibles como tomates, patatas y perejil.

El Suico presenta actividad insecticida contra mosca (*Musca doméstica*). Por lo general los agricultores paraguayos utilizan en forma macerada para prevenir o controlar insectos plaga.

Presenta actividad antimicrobiana contra *Bacillus subtilis*. El aceite esencial de la planta contiene ácido fórmico, acético, piretrina entre otros. Estos compuestos actúan sobre poblaciones de insectos y algunas bacterias patógenas, sin especificación (Grupa, Mahabir P. 1995).

Ruda: *Ruda graveolens* (Familia: Rutáceae).



Principios activos: rutina, inulina. Su fuerte olor atrae moscas y polillas negras disminuyendo daños sobre los cultivos cercanos.

Los agricultores utilizan el extracto para repeler ácaros, larvas de insectos plaga, vidiámin (*Lagria villosa*), vaquita (*Diabrotica spp*), pulgones (*Aphis sp*), cochinillas (*Pinnaspis spp.*), burritos (*Epicauta sp.*) y otros. La planta disecada y molida posee acción repelente contra insectos plaga de granos almacenados: gorgojo y polilla.

Tártago: *Ricinus communis* (Familia: Euphorbiaceae).



Frecuentemente son utilizadas, los frutos y semillas para el control de insectos plaga como hormigas cortadoras ysau (*Atta spp.*) y akekê (*Acromirmex spp.*).

Los tallos y hojas contienen un alto porcentaje de nitrato de potasio. Las semillas poseen ácidos nicotínico, úrico y ricinina (Hegnauer, 1966). El ácido nicotínico es considerado insecticida, para el control de larvas de insectos. El aceite esencial de recino tiene actividad larvicida, contra el mosquito (*Anopheles stephensi*) (Grupa, 1995).

Otras Plantas de uso popular en otros países:

Hisopo: *Hisopus officinalis* (Familia: Labiaceae) . Al igual que otras plantas aromáticas, el hisopo actúa eficazmente ahuyentando, larvas de lepidópteros, pulgones y caracoles.

Lavanda: *Lavandula officinalis* (Familia: Lamiaceae) Sus flores ahuyentan la polilla del armario y es una planta melífera y que atrae insectos beneficiosos como crispidos.

Salvia: *Salvia officinalis* (Familia: Labiaceae). Planta melífera. Principios activos: boreol, cineol, tuyona. Repele la mosca blanca en diferentes cultivos.

Falsa acacia o Falso algarrobo: *Robinia pseudoacacia* (Familia: Leguminosae). Arbol de flores tremendamente melíferas. Las hojas machacadas y mezcladas controlan a las moscas.

Romero: *Rosmarinus officinalis* (Familia: Labiaceae). Planta melífera y que atrae insectos benéficos. Las hojas trituradas se usan como repelente de pulgas y garrapatas.

Tagetes: *Tagetes patula* (Familia: Compositae). Planta tóxica para las larvas de diferentes mosquitos. Sus secreciones radiculares controlan eficazmente nemátodos, por lo que se cultivan en proximidad plantas susceptibles como tomates, patatas, perejil.

Toronjil: *Melissa officinalis* (Familia: Lamiaceae) . Principio activo: linalol. Repele pulgas, polillas y áfidos.

Mezcla de maíz y frijol con ají: *Capsicum frutescens* (Familia: Solanaceae) son usados tradicionalmente por muchos agricultores y sirve para repeler distintas plagas de insectos.

Frijol machete: *Canavalia ensiformis* (Familia: leguminosae). Principio activo: canavalina. Controla la hormigas y actúa como fungicida.

Citronella o Cedrón: *Cymbopogon nardus*, (Familia: Gramíneas). esta especie se produce a partir de dos variedades: *var. lana batu*, la cual suministra un aceite relativamente pobre en geraniol (55-65 %); y otra conocida con el nombre de *var. maha pangiri*, de mejor calidad por su alto contenido en geraniol, de hasta el 90 %. Los principales compuestos son el citronela y el geraniol, l-limoneno, canfeno, dipenteno, citronelol, borneol, nerol, metileugenol, los cuales son utilizados en la preparación de insecticidas a base de aceites esenciales, o como aromatizante de algunos insecticidas.

Calendula o Botón de oro: *Caléndula officinalis* (Familia: Asteraceae). Principio activo: caléndulina: Comúnmente se le denomina botón de oro de madera y se caracteriza por ser excelente para controlar nemátodos y moscas blancas si se la siembra intercalada con yerbabuena.

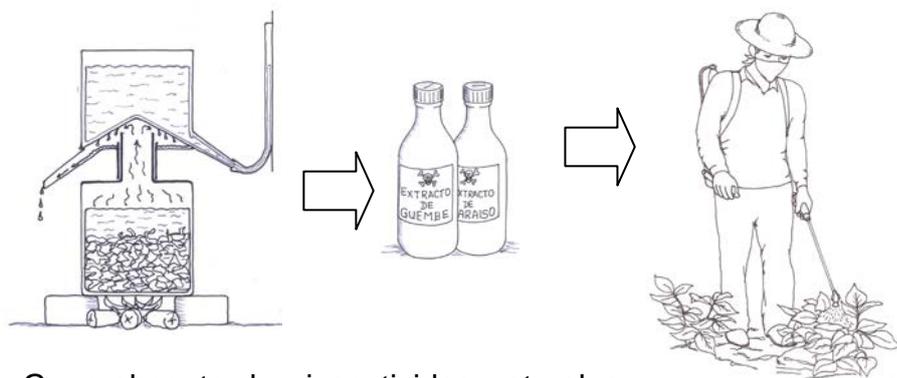
Muña o Peperina: *Minthostachys mollis* (Familia: Lamiaceae). Principios activos: Mentol, mentola, Tiene propiedades repelentes de insectos cuando la papa está en almacenamiento. Dentro de las plagas que repele, se encuentran el gusano blanco de la papa, el gusano cortador (*Copitarsia curvata*), el gorgojo de la papa (*Premnotrypes suni*) y el gusano alambre (*Ladus sp*). Los sahumeros con muña también controlan polillas. Durante el cultivo, se suele colocar plantas frescas de muña para prevenir el ataque de insectos o espolvorear cenizas de la planta en los campos atacados por pulgones.

Quassia o Guarana: *Quassia amara* (Familia: Simarubaceae). Principio activo concentrado en la madera, hojas y raíces. Es insecticida, actuando por contacto o ingestión. Se usa contra insectos chupadores, minadores, barrenadores, áfidos y algunos coleopteros.

Preparacion de los insecticidas botanicos por agricultores paraguayos

Existen diversas formas de utilizar las plantas con acción insecticida, siendo los más comunes extractos o destilados líquidos, extractos acuosos u orgánicos, polvos

secos y óleos, cuyos resultados son los metanólicos, etanólicos, acetónicos, alcohólicos, butanólicos, clorofórmicos, hexánicos, y otros.



Generalmente, los insecticidas naturales son utilizados, por los agricultores, en forma macerada, destilados y en forma de polvo seco directo como en el caso del control del gorgojo en granos almacenados.



EXPERIENCIAS PARAGUAYAS LA PREPARACIÓN DE INSECTICIDAS NATURALES

En la Tabla 18. se presentan las experiencias campesinas en la preparación de insecticidas naturales y su efecto sobre poblaciones de insectos plagas y enfermedades.

Tabla18. Preparación de biodefensivos y su efecto sobre poblaciones de insectos plaga y enfermedades.

INGREDIENTES	PREPARACIÓN	EFEECTO
Semilla de TÁRTAGO "mbaysyvo" <i>Ricinus communis</i> L (Flia. Euphorbiaceae)	Macerar 2 Kg. de semillas de tártago y mezclar en 10 litros de agua, dejar reposar por 24 horas.	Efecto de control sobre ysau <i>Atta spp.</i> akekê <i>Acromirmex spp.</i> , larvas de lepidopteros y de otros insectos.
Planta entera de COLA DE CABALLO <i>Equisetum giganteum</i> (Flia. Equisetaceae).	Maceración de 2 Kg. de la planta entera más 15 litros de agua se deja reposar durante 8 días antes de usar.	Repelente y control de poblaciones de insectos como burrito <i>Epicauta sp</i> , vidiamin <i>Lagria villosa</i> , vaquita <i>Diabrotica sp.</i> tanto en la etapa larval como adulta. Considerado fungistático para el <i>Oidio</i> .

INGREDIENTES	PREPARACIÓN	EFECTO
Hoja de GUEMBE <i>Philodendron guembe</i> <i>P. bipinnatifidum</i> (Flia. Araceae)	2 Kg. de hojas de guembe más 2 Kg. de hoja de durazno. Los ingredientes machacados se dejan reposar en agua durante 10 días. Colar antes de usar.	Control de insectos perjudiciales en la etapa larval como yso karu <i>Spodoptera spp</i> , vaquita <i>Diabrotica speciosa</i> , vidiamin <i>Lagria villosa</i> .
Semillas de PARAÍSO <i>Melia azedarach</i> (Flia. Meliaceae)	2 Kg. de semillas de paraíso más 5 litros de agua y luego se hierve en agua por 5 minutos. Dejar reposar hasta que se enfríe.	Sirve para el control de ácaros e insectos como hormigas rojas tahyi pytâ'i <i>Tretánychus sp.</i> en cultivos de repollo, frutilla, tomate, locote y plantas del jardín.
Frutas de PARAÍSO <i>Melia azedarach</i> (Flia. Meliaceae)	Un puñado de frutas machacada se deja reposar en un litro de agua por un día, luego se agrega agua hasta completar los 20 litros.	Previene y controla larvas de lepidopteros, chinches, pulgones, arañitas en cultivos de algodón, maíz, soja, cítricos.
Hojas de PARAÍSO <i>Melia azedarach</i> (Flia. Meliaceae)	2 Kg. de hojas de paraíso machacadas en 5 litros de agua, se hierve durante ½ hora y se estaciona por un día.	Controla larvas de insectos perjudiciales y chinches.
Cáscara de CANDELÓN <i>Rapanea quianensis</i> . (Flia. Meliaceae) + hojas de KA'ATÁI <i>Polygonum punctatum</i> . (Flia. Polygonaceae)	2 Kg. cáscara de candelón más 2 Kg. hojas de ka'atái, se machacan ambos ingredientes, y se mezclan con 20 litros de agua. Dejar reposar y fermentar durante 48 horas. Colar antes de usar.	Repelente de insectos perjudiciales, pulgones <i>Aphys sp</i> , picudo <i>Anthonomus grandis</i> y <i>Alabama argillacea</i> y orugas <i>Anticarsia gemmatalis</i> en cultivos de soja y algodón.
	2 Kg. de cáscara de candelón más 2 Kg. de hoja de ka'atái y dos litros de agua. Machacar los ingredientes y destilar en forma artesanal. Dosis: Diluir en 250 a 500 cc en 20 litros de agua.	Repelente de pulgones, orugas y picudo en cultivo de soja y algodón.
AJO <i>Alium sativus</i> (Flia. Liliaceae)	Se hierven 2 Kg. de ajo en 5 litros de agua por un tiempo, luego se agrega un pedazo de jabón.	Presenta efecto repelente contra pulgones y arañitas. El Bulbo, disecado repelente de insectos plaga de granos almacenados como el gorgojo y polilla.
CEBOLLA <i>Alium sepa</i> .(Flia.	Mezcla de 2 Kg. de guembe +	Para el control de insectos

INGREDIENTES	PREPARACIÓN	EFECTO
Liliaceae) + hojas de PARAISO <i>Melia azedarach</i> . (Flia. Meliaceae) + GUEMBE <i>Philodendron guembe</i> . (Flia. Araceae)	2 Kg. de hojas de paraíso + 2 litros de agua. Destilar los ingredientes por 1 hora.	plagas como pulgones, chinches en cultivos de soja y algodón.
CEBOLLA <i>Alium sepa</i> . (Flia. Liliaceae)	Mezcla de 1 litro de leche + 1 cabeza de cebolla + 4 dientes de ajo + 10 litros de agua, se machaca todos los ingredientes y luego se verte en 1 litro de leche y se deja reposar por una hora. Se cuela antes de usarlo.	Repelente de insectos en cultivos de hortalizas y control de <i>Oidio</i> en cultivo de cucurbitáceas.
GUEMBE <i>Philodendron guembe</i> . Flia. Araceae	Mezcla de 250 cc de destilado de paraíso con guembe + 250 cc de Supermagro, se diluye en 20 litros de agua.	Control de larvas de lepidópteros como <i>Alabama argillacea</i> , <i>Anticarsia gemmatalis</i> , <i>Spodoptera sp</i> en cultivo de soja, algodón y maíz.
Hojas de PARAISO <i>Melia azedarach</i> . (Flia. Meliaceae) + GUEMBE <i>Philodendron guembe</i> (Flia. Araceae).	Mezclar 2 Kg. de hojas de paraíso + 1 Kg. de guembe, destilados en 5 litros de agua, luego se agrega en 20 litros de agua.	Repelente de insectos perjudiciales en cultivo de algodón, soja, habilla, poroto, maíz y yerba mate.
	Mezcla de 2 Kg. de hojas de paraíso y 2 Kg. de hojas de guembe, luego se agregan 15 a 20 litros de agua y se deja reposar durante 24 horas. El preparado tiene 2 a 3 días de acción por lo que se recomienda pulverizar el cultivo 2 a 3 veces por semana.	Controla pulgones, larvas de lepidópteros y coleópteros de la familia Curculionidae (Picudo, Broca del tallo del algodón).
Hojas de YVARO <i>Prunus spp.</i> (Flia. Rosaceae).	Mezcla de 3 Kg. de orégano, 3 Kg. de yvaro y 1 Kg. de ceniza. Se deja reposar por 12 horas.	Acción de control de insectos perjudiciales como yso karu <i>Alabama argillacea</i> , yso karu de la soja <i>Anticarsia gemmatalis</i> , oruga del cogollero <i>Spodoptera spp.</i> , <i>Pseudoplusia sp</i> entre otros.
COLA DE CABALLO <i>Equisetum giganteum</i> (Flia. Equisetaceae).	Se hierve ½ Kg. de Cola de caballo en 10 litros de agua, para utilizarlo se le agregan otros 5 litros de agua para diluir el producto.	Presenta efecto de control del <i>Oidio</i> y <i>Mildeu</i> en especies de cucurbitáceas (zapallo, andai).

INGREDIENTES	PREPARACIÓN	EFECTO
Hojas de CEBOLLA <i>Alium sepa</i> + bulbos de AJO <i>Alium sativus</i> (Flia. Liliaceae).	Se machacan 250 gr. de hojas de cebolla, ajo y se deja estacionar en 10 a 15 litros de agua por 24 horas, luego pulverizar contra insectos y hongos.	Fungicida e insecticida.
Hojas, ramas y raíces de PIPI <i>Petiveria spp.</i> Flia. Phytolacaceae	Un puñado de hojas, ramas y raíces de pipí se machaca y se deja en maceración en un litro de agua, luego este preparado, se mezcla con agua hasta completar 20 litros.	Actúa contra larvas de mariposas, pulgón y escarabajos.
Hojas de YVARO <i>Prunus spp.</i> (Flia. Rosaceae) + PARAISO <i>Melia azedarach</i> (Flia. Meliaceae)	En 60 litros de agua, agregar 15 Kg. de yvaro, 20 Kg. paraíso y 2 Kg. de ceniza. Se deja reposar por un día. Se aplica sobre las plantas en la dosis de 1 litro de producto en 20 litros de agua.	Acción de control de insectos perjudiciales como yso karu <i>Alabama argillacea</i> , yso karu de la soja <i>Anticarsia gemmatalis</i> , oruga del cogollero <i>Spodoptera spp.</i> , yso karu <i>Pseudoplusia sp</i> entre otros.
Hojas de GUAYABO <i>Psidium guayaba.</i> (Flia. Mirtáceas).	Macerado de guayabo, se coloca un puñado de hojas de guayabo en 1 litro de agua y se lo deja un día en maceración. A esta solución se le agregan 19 litros agua y luego se pulveriza.	Es utilizada contra hongos en hojas de los cítricos.
AJO <i>Alium sativus</i> (Flia. Liliaceae)	Macerado de ajo y ceniza. Se machacan 5 cabezas de ajo en 10 litros de agua, se le agrega ½ Kg. de ceniza y se deja reposar por 24 horas.	Se riega el almácigo afectado por hongos causantes del <i>Damping off</i> . No se recomienda el uso en arveja y habilla, debido al efecto de inhibición del crecimiento.
Hojas de CANDELÓN <i>Rapanea quianensis.</i> (Flia. Mimosaceae)	Macerado de hojas de candelón. Se dejan en remojo 2 Kg. de corteza de candelón en 20 litros de agua por 24 horas y agregar jabón como adherente.	Control de insectos perjudiciales.
AJÍ <i>Piper aduncum</i> . (Flia. Piperáceas) + AJO <i>Alium sativus</i> (Flia. Liliaceae) + CEBOLLA <i>Allium sepa</i>	Los componentes vegetales se mezclan con agua y se filtran. Para intensificar la adhesividad del preparado se agrega jabón.	Control de áfidos, pulgones

INGREDIENTES	PREPARACIÓN	EFEECTO
(Flia Liliaceae)	Se mezcla un puñado de dientes de ajo molidos y/o ají con 1 litro de agua. Luego se aplica.	Repelente sobre insectos desfoliadores

Trampas para la captura de insectos plaga usadas por los agricultores paraguayos

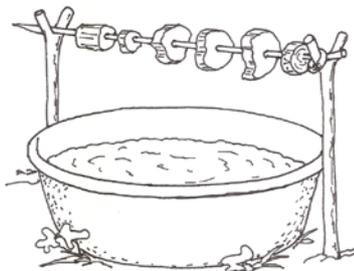
Las trampas pueden ayudar a monitorear y las poblaciones de ciertos insectos perjudiciales; si las trampas se utilizan en una etapa temprana, su uso puede prevenir la multiplicación masiva hay varias clases de trampas:

- Trampas de luz, de acuerdo a la coloración, atraen en la noche cierto tipo de insectos;
- Trampa de hueco o sea donde resbalan o caen insectos rastreros y babosas;
- Trampas de feromonas que emanan un tipo de hormona sexual femenina que atrae a los machos de ciertas especies de insectos, los cuales quedan pegados a la trampa.

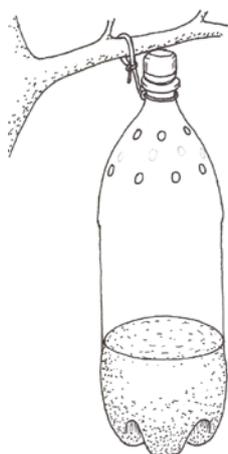
Mariposa Nocturna *Heliothis spp.*, *Spodoptera spp.*, *Agrotis sp.*, *Anticarsia gemmatalis*, *Alabama argillacea*. (Lepidóptero, Noctuidae): En un recipiente se mezcla agua y aceite de motor (aceite hù) o agua jabonosa (jabón rykue) en el medio del mismo se coloca un ladrillo y una fuente de luz (lampiúm) que atrae a las mariposas blancas del repollo y otras mariposas nocturnas, cayendo éstas en la sustancia sin poder escapar. El control se practica en cultivos de tomate, repollo.



Vaquita *Diabrotica speciosa* (Coleoptera, Chrysomelidae): Se prepara una solución con 3 litros de agua jabonosa (¼ jabón en pan) 1 Kg. de hojas machacadas de durazno. Se cortan las raíces de tajuja *Cayaponia citrúfolia* (Curcurvitaceae) y se colocan en un alambre, antes de ser colocadas en el cultivo de hortalizas. Efecto: Atrayente de vaquita (*Diabrotica spp.*).



Mosca de la Fruta *Ceratitis capitata*, *Anastrepha fraterculus* (Diptera, Lonchieidae). Mezclar 50 cc de vinagre + 100 cc de miel de caña, se coloca en frasco de plástico (con agujeros alrededor del cuello del frasco). Colocar alrededor de plantaciones de cítricos o se coloca por estacas dentro de plantaciones de esponja vegetal y melón, sandía, durazno. Efecto:

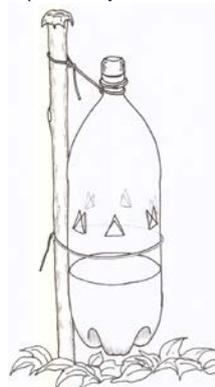


Control de poblaciones de moscas de la fruta adultas.

Las trampas para las moscas de la fruta están combinadas con un cebo de proteínas y de azúcar. Las moscas requieren proteínas para producir huevos.

1 litro de agua + ½ taza de orina + 1 ½ cucharaditas de esencia de vainilla + 100 g de azúcar + 10 g de piretro. Se mezcla bien los ingredientes. Se llenan varios frascos con 50 ml del preparado y luego se suspenden del árbol.

Chinche *Nezara viridula*, *Piezodorus sp.*, *Euschistus heros*, *Dichelops sp.* (Hemiptera, Pentatonidae): Un sopo de tela suspendida en el extremo de una estaca, se remoja en agua salada y extracto de yvaró, luego se coloca entre los cultivos de soja, poroto, habilla y hortalizas. Efecto: Atrayente de chinches.



También se puede utilizar frascos transparentes como envase de gaseosa perforada conteniendo orín de vaca (25 cc) más sal dos cucharadas o vinagre. (CORREA – FERREIRA, 2003). También se agrega un pedazo de jabón como adherente y luego es colgado por un soporte de 1 m a 1,5 m de altura.

Los chinches son atraídos por sales minerales diluidos en el recipiente.

Otros productos usados por los agricultores paraguayos

- Azufre: en contra de enfermedades fungosas,
- Cobre: en contra de enfermedades fungosas (se acumula en los suelos y daña los microorganismos en este)
- Carbonato de Calcio Molido: en contra de enfermedades originadas en el suelo
- Arcilla: en contra de enfermedades fungosas
- Soluciones de jabones suaves: para el control de afidios y otros insectos chupadores
- Aceites minerales ligeros: para el control de varios insectos plaga, sin embargo tiene efecto perjudicial sobre los enemigos naturales
- Azufre: para el control de ácaros pero afecta enemigos naturales

- Cenizas de Plantas: usado para el control de hormigas, minadores de la hoja, y barrenadores

Conclusiones

La Agroecología provee una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventaja de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales. Tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento. El resultado final del diseño agroecológico es mejorar la sustentabilidad económica y ecológica del agroecosistema, con un sistema de manejo propuesto a tono con la base local de recursos y con una estructura operacional acorde con las condiciones ambientales y socioeconómicas existentes.

En una estrategia agroecológica los componentes de manejo son dirigidos con el objetivo de resaltar la conservación y mejoramiento de los recursos locales (germoplasma, suelo, fauna benéfica, diversidad vegetal, etc.) enfatizando el desarrollo de una metodología que valore la participación de los agricultores, el uso del conocimiento tradicional y la adaptación de las explotaciones agrícolas a las necesidades locales y las condiciones socioeconómicas y biofísicas.

Los sistemas de cultivos diversificados tales como los basados en policultivos y en la agroforestería, por ejemplo, los huertos frutales con cultivos de cobertura, han sido el blanco de mucha investigación. Este interés se basa en la nueva y emergente evidencia de que estos sistemas son más sustentables y más conservadores de recursos (Vandermeer, 1995). Estos atributos están conectados a los altos niveles de biodiversidad funcional asociada a agroecosistemas complejos. De hecho la mayor parte de la información científica, que documenta la regulación de plagas en sistemas diversificados, sugiere que esto sucede dada la gran variedad y abundancia de depredadores y parasitoides en estos sistemas (Altieri, 1994). Se han sugerido varias hipótesis donde se postulan los mecanismos que explican la relación entre un mayor número de especies de plantas y la estabilización de agroecosistemas incluyendo la regulación de plagas (Tilman et al, 1996). Sin embargo, un aspecto claro es que la composición de especies es más importante que el número de especies "*per se*". El desafío está en identificar los ensamblajes correctos de especies que, a través de sus sinergias, proveerán servicios ecológicos claves tal como reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y conservación de suelo y agua. La explotación de estas sinergias en situaciones reales requieren del diseño y manejo de los agroecosistemas basado en el entendimiento de las múltiples interacciones entre suelos, plantas, artrópodos y microorganismos. La idea es restaurar los mecanismos de regulación natural adicionando biodiversidad vegetal selectiva dentro y alrededor de los agroecosistemas.

Los principios agroecológicos son claros, mayor biodiversidad vegetal y de depredadores, parasitoides y antagonistas es fundamental.

En el caso de patógenos la evidencia también indica que la heterogeneidad vegetal disminuye la vulnerabilidad de cultivos a patógenos. En especial, la diversidad genética ofrece mecanismos importantes para la supresión de malezas. Por otro lado, la importancia de incrementar la materia orgánica para aumentar la actividad

microbiana es una de las líneas claves de defensa de los cultivos a enfermedades del suelo. El desafío acá es complementar el manejo de la diversidad con las prácticas que mejoren la calidad del suelo.

Lo que hace difícil de masificar esta estrategia agroecológica, es que cada situación se debe analizar independientemente dado que en cada zona los complejos herbívoros-enemigos naturales, patógenos-antagonistas varían de acuerdo a la vegetación presente dentro y fuera del cultivo, la intensidad del manejo agrícola, la calidad del suelo, etc. Sin embargo lo que es universal es el principio de que la diversificación vegetal es clave para el control biológico eficiente. Las formas de manejo y diseños de diversificación dependerán de las condiciones socioeconómicas y biofísicas de cada región.

Bibliografía

- Altieri, M. A. y D. L. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Altieri, M. A. y D. K. Letourneau. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.
- Altieri, M. A. 1994. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Haworth Press, New York.
- Altieri, M. A. 1995. Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture. Westview Press, Boulder.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Baker, K. F. And R. J. Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. San Francisco. W.H. Freeman.
- Browning, J. A., and K. J. Frey. 1969. Multiline cultivars as a means of disease control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 7: 355-382.
- Cambell, R. 1989. Biological control of microbial plant pathogens. Cambridge. Cambridge University Press.
- Cromartie, W. J. 1981. The environmental control of insects using crop diversity. In: Pimentel, D. (ed.). *CRC Handbook of Pest Management*. CRC Press, Boca Raton, pp. 223-251.
- Dempster, J. P. y Coaker, T. H. 1974. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. In: Jones, D. P. and Solomon, M. E. (eds.). *Biology in Pest and Disease Control*. John Wiley, New York, pp. 106-114.

- Doutt, R. L. And Nakata, J. 1973. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. *Environmental Entomology* 2: 381-386.
- Edland, T. 1995. Integrated pest management in fruit orchards. In: H.M.T. Hokkanen and J.M. Lynch (eds.). *Biological control: benefits and risks*. Cambridge University. pp. 97-105
- Flint, M. L. y Roberts, P. A. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture* 3: 164-167.
- Fry, G. 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In: D. M. Glen et al. (eds.). *Ecology and integrated farming systems*. John Wiley and Sons, Bristol, UK.
- Huffaker, C. B. and P.S. Messenger. 1976. Theory and Practice of Biological control. New York. Academic Press.
- Kareiva, P. 1986. Trivial movement and foraging by crop colonizers. In: Kogan, M. (ed.). *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. J. Wiley & Sons, New York, pp. 59-82.
- Manners, J. G. 1993. Principles of plant pathology. Cambridge. Cambridge University Press.
- McSorley, R. 1998. Alternative practices for managing plant-parasitic nematodes. *Ann. J. Alternative Agriculture* 13: 274-279.
- Nicholls, C. I.; M. Parrella and M. A. Altieri. 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology* 16: 133-146.
- Palti, J. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. New York. Springer-Verlag.
- Perrin, R. M. 1980. The role of environmental diversity in crop protection. *Protection Ecology* 2, 77-114.
- Pyndji, M. M. and P. Trutmann. 1992. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementary farmer mixtures with resident varieties. *Plant Disease* 76: 1144-1147.
- Risch, S. J., Andow, D. and Altieri, M. A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassicae oleraceae*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.
- Schroth, M. N. And J. G. Hancock. 1985. Soil antagonists in IPM systems. In: M.A. Hoy and D. C. Herzog (eds.). *Biological control in agricultural IPM systems*. Florida. Academic Press. pp 422-423.

- Southwood, T. R. E. and Way, M. J. 1970. Ecological background to pest management.
- In: Rabb, R. L. And Guthrie, F. E. (eds.). *Concepts of Pest Management*. North Carolina State University, Raleigh, pp. 6-29.
- Thresh, J. M. 1981. Pest, pathogens and vegetation: the role of weeds and wild plants in the ecology of crop pest and diseases. Massachusetts, Pitman Pub. Inc.
- Tilman, D., D. Wedin and J. Knops. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- van den Bosch, R. And Telford, A. D. 1964. Environmental modification and biological control. In: DeBach, P. (ed.). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Chapman and Hall, London, pp. 459-488.
- Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge Univ. Press. Cambridge, UK.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:201-224.
- van Emden, H. F. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Scientific Horticulture* 17: 121-126.
- van Emden, H. F. 1990. Plant diversity and natural enemy efficiency in agroecosystems.
- In: MacKauer, M., Ehler, L. and Roland, J. (eds.). *Critical Issues in Biological Control*. Intercept, Andover, pp. 63-80.
- Wolfe, M.S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Ann. Rev. of Phytophology* 23: 251-273.
- Zadoks, J. C. and R. D. Schein. 1979. Epidemiology and plant disease management. New York, Oxford University Press.
- Zhu, Y.; H. Chen; J. Fan; Y. Wang; Y. Li; J.Chen; J.Fan;S.Yang; L. Hu; H. Leung; T. W. Mew; P. S. Teng; Z. Wang and C. C. Mundt. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718-722.
- Silva, G., A. Lagunes, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. [Revista](#) Manejo Integrado de Plagas (CATIE)

Bibliografía realizada en día 26/04/06

- ALEXANDER, K; EPSTEIN, W.W. 1975. Studies on the biogenesis of. Non – head – to – tail monoterpenes. The isolation of (1R, 3R) – Chysanthemol from *Artemisia ludoviciana* J. Org. Chem. 40 : 2576 – (1975). EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio Altieri, M.A. (1991), “Traditional farming in Latin América”, The Ecologist, 21: 93-96.
- Altieri, M.A. y A. Yurjevic (1991), “La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina” en *Agroecología y Desarrollo* 1: 25-36.
- Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 1999 Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems In: *Biodiversity in Agroecosystems*. (Eds, Collins, W. W. and Qualset, C. O.) CRC Press, Boca Raton, pp. 69-84.
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72, 203.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2004. *Biodiversity and pest management in agroecosystems: Binghamton USA: Food Products Press. ANDRES BELLO. 617 p.*
- AMORIN, J.P. & PESSOA, S. B. 1962. Experience with several plants as molluscicides. *Rev. Brasil. Moleriol. Doem Trop.* 14 (I) : 254 – 260. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- ARMENDARIZ, E. 1915. A mote un the pharmacological investigarión of estafiate *Gac Med. Mçexico Series 3 (10) : 362.* EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- AYENSU, E. S. 1992. *Medicinal presencia Plants of the west Indies*. Reference Publications Inc. USA, 283 p. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BACHALTER, L. 1969. Identificati3n of monomeric and polymeric 5, 7, 3, 4 – tetrahydroxyflavan -3-4 diol, from tannin extract opf Wild Cherry bark. *USP, Prunus serotina. J. Pharm. Sci.* 58 (10) :1272. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BANDONI, A.L., MENDIONDO, M.E., RONDINA, R.V.D., COUSSIO, J.D. 1972. survey of Artentine medicinal plants I. Folklore and phychemical screening. *Lloydia* 35 (I) : 69 – 80. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BASUALDO ISABEL; NELIDA SORIA. 1996. *Farmacopea Herbolaria Paraguaya. Especies de la Medicina Folklorica utilizada para combatir enfermedades del aparato respiratorio. Parte I. Rojasiana* 3(2) 197 –238.
- BIESSELS, H.W.A., VAN DER KERK-VAN HOOFF, A.C., KETTENES-VAN DEL BOSCH, J.J., SALEMINK, C.A. 1974. Triterpenes of *Prunus serotina* and *Prunus lusitanica*. *Phytochemistry* 13 : 203. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BORGES DEL CASTILLO, J; BRADLEY DELSO, A. MONTANESA FERRERO, M.T. VASQUEZ BUENO, P. RODRIGUEZ LUIS, F. 1983. Salvadorian Compositae 4 Asesquiterpenoid Lactone from *Ambrosia cumanensis* *Phytochemistry*. 22 (3): 782 – 783. EN

GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

BORGES DEL CASTILLO, J; FERRERO, M.T., RAMON J.L.M, LUIS, F.R, VASQUEZ BUENO, P. 1983. Sesquiterpeno Lactones from *Ambrosia cumarensis* An. Quim. Ser.C. 77:52 – 53. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

BORGES, J; MANRESA, MT. MARTIN, JL. VASQUEZ, C.P.Y.P. 1978. Altamisin, a new sesquiterpene lactone from *Ambrosia cumanensis*. Tetrahedron Lett. 1978: 1513. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

CACERES, A., GIRON, L.M., MARTÍNEZ, A.M. 1987. Diuretic activity of plants used for the treatment of urinary ailments in Guatemala. J. Ethnopharmacol. 19(3) : 233 – 245. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

CORREA – FERREIRA, 2003. Soja orgánica. Alternativas para el manejo de los insectos insectos perjudiciales. EMBRAPA, Londrina (Brasil). Pp 83. In: OLIVEIRA, L.J. HOFFMANN – CAMPO, C.B. Manejo de plagas de solo na cultura da soja. In: REUNIOÓN INTERNE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUO BIOLÓGICO, 4., 2001, Ribeirao Preto, Anais... Ribeirao Preto: Instituto Biológico, 2001. p.70 – 76.

CORREA – FERREIRA, 2003. Soja orgánica. Alternativas para el manejo de los insectos insectos perjudiciales. EMBRAPA, Londrina (Brasil). Pp 83. In: VENDRAMIM, J.D.; GASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistencia de plantas e plantas inseticidas.

CLAUDE BURG, I. y MAYER, P. H. 2002. Alternativas ecológicas para prevención y control de insectos perjudiciales y enfermedades : Caldos, biofertilizantes, fitoterapia animal, hormiguicidas, defensivos naturales y sal mineral. Grafit : Brasil. 153 pp.

DEGEN, R. & MERELES, F. 1996. Check list. De las plantas colectadas en el Chaco Boreal, Paraguay. Rojasiana. 3(1) 1 – 175.

DEGEN, R. Variedades de agrícol utilizados en la medicina Folkloricca Paraguaya 1 (1) 13 – 15.

DOMINGUEZ, X.A., SANCHEZ, V.H., SUAREZ, M., BALDES, J.K., GONZALEZ, M.R. 1989. Chemical constituents of *Lippia graveolens*. Planta Med. 55 (2): 208 – 209. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

DOMINGUEZ, X.A; CARDENAS, G.E. 1975. Achillin and deacetylmatricarin from two *Artemisia* species. Phytochemistry 14 : 2511 – 2512. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

www.epa.gov/oppfead1/safety/spanish/healthcare/handbook

FONT QUER, P. 1992. Plantas Medicinales. El Dioscórides Renovado. Labor, Barcelona (España), 1033 pp, pág. 84 – 335 – 6151.

FONT QUER, P. 1992. Plantas Medicinales. El Dioscórides Renovado. Labor, Barcelona (España), 1033 pp, pág. 84 – 335 – 6151.

<http://www.fibl.org/espanol/publicaciones/manual/index.php>

- GALLO, D. (in memoriam)... et al. 2002. Entomología agrícola. Piracicaba : FEALQ, Brasil. 282 al 302 pág.
- Gliessman SR (1998) Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Michigan.
- GONZALEZ – TORRES, D. 1992. Catálogo de Plantas Medicinales (alimenticias y útiles) Usados en Paraguay. Asunción, Paraguay. 456 pp.
- GONZALEZ – TORRES, D. 1992. Catálogo de Plantas Medicinales (alimenticias y útiles) Usados en Paraguay. Asunción, Paraguay. 456 pp.
- GARCIA, M.A.; ALTIERI, M.A. 1992. Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta crucifera* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behavior. *Entomología Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v. 62, p. 201 – 209.
- GRAINGE, M & AHMED, S., 1988. Hand book of. Plants With Pest – Control Properties. New York, John Wiley & Sons, p 204. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HARVEY, R.B., LARSON, A.H., LANDON, R.H., BOYD, W.L., ERICKSON, L.C. 1945. Weeds poisonous to livestock. *Bull. Minnesota Agr. Exp. Sta.* 388 : I. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HEGNAUER, R. 1966. *Chemotaxonomie der Pflanzen*. Volumes 1 -6, Birkhauser Verlag Basel and Stuttgart. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HUNECK, S; ZDERO, C; BOHLMANN, F. 1986. Secoguanolides and other constituents from *Artemisia* species. *Phytochemistry* 25 (4); 883 – 889. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HUERTA ESCOLAR ORGÁNICA. Programa de gestión ambiental. Programa de desarrollo sostenible. PLAN INTERNACIONAL PARAGUAY. 1998. ALTERVIDA, Paraguay. 37 pp.
- LEE, K.H; GEISSMAN, T.A. 1970. Sesquiterpene Lactones of *Artemisia* constituents of *Artemisia ludoviciana* spp. mexicana *Phytochemistry* 9 : 403. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- LÓPEZ J.A.; LITTLE E.; RITZ G.; ROMBOLD J & W. HAHN. 1987. *Arboles Comunes del Paraguay*. Ñande Yvyramata Kuera. Cuerpo de Paz. Asunción, Paraguay.
- LORENZI, H. 1990. *Manual de Identificación y Control de Plantas Dañinas: Plantio Directo e Convencional*. 3era. Ed. Nova Odessa, Sao Paulo: Editora Plantarum. 240 pp.
- NÚÑEZ B.V. VANEGOS, D.L., TORRES, G.J. 1983. Caquexia muscular distrofica y su relación clínica patológica con neurotoxicidad retardada. *Rev. ICA (Santa fé de Bogotá – colombia)* 28 (4) : 345 – 353. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- NORRIS, R.F.; CASWELL – CHEN, E.P.; KOGAN, M. *Concepts in integrated pest management*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. 558pp.

- OLAIFA, J.L; ERHUN, W.O; AKINGBOHUNGBE, A.E. 1987. Insecticidal activity of some Nigerian plants. *Insect Sci Appl.* 8 : 221 – 224. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- OLSNES, S; REFSNES, K; CHRISTENSEN, T.B., PIHL,A. 1975. Structure and properties of the lectins from *Abrus procatorius* and *Ricinus communis*, *Bioclim. Biophys. Acta.* 405 : I. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- ORTIZ DE MONTELLANO. 1975. Empirical aztec medicine. *Science* 188 : 215 – 220. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- OSPINA, de N.L.E., OLARTE J.C., NUÑEZ, O.E. 1986. Phytopharmacological studies on a liposoluble fraction studies. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.* 15 : 37 – 47. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- PAREDES, M. 2003. Manual de planificación de fincas rurales : Material de apoyo para jóvenes capacitadores en seguridad alimentaria. ALTERVIDA, GTZ, ICO, AMUSEDE, CODIDES : Paraguay. 75 pp.
- PAREDES, M. 2004. Material educativo preparado por el PROGRAMA AGRECOLOGÍA – ALTERVIDA. ALTERVIDA, Paraguay. 21 pp.
- PINHEIRO, S.; BARROZO BARRETO, S. 2005. MB-4. Agricultura Sustentable, Trofobiosis y Biofertilizantes. Brasil : Fundación juquirá Candiru MIBASA.273.
- PERALTA, P; LEZCANO, W; FORMOSO, T. 2003. Huerta Ecológica Campesina. CECTEC : Paraguay. 95 pp.
- PRIMAVESI, A. 1988. Manejo Ecológico del Suelo. La Agricultura en Regiones Tropicales. 9A edición. Sao Paulo Br., Nobel. Pp 550
- RAFFAUF, R.F. 1970. A Handbook of Alkaloids and Alkaloid – containing Plants. John Wiley & Sons, USA. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- ROBINEAU, L (ed). 1991. Hacia una Farmacopea Caribeña. Seminario TRAMIL IV. Tela, Honduras. ENDA – CARIBE/UNAH. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 474 p. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- RESTREPO RIVERA, J. 2002. Agricultura Orgánica. BIOFERTILIZANTES Preparados y Fermentados a base de MIERDA de VACA. Preguntas Directas, Respuestas Prácticas. FUNDACIÓN JUQUIRA CANDIRU, Colombia, Brasil, Mexico. 105 p.
- RESTREPO RIVERA, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); San José, Costa Rica. 155 p.
- Power, A.G. 1999 Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1: 185-196.
- RAMOS, G.C 1969. Aislamiento del Principio Nematicida de la Especie *Petiveria alliacea*. Tesis. Guatemala, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC, 30 p. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

- Reijntjes, C., B. Haverkort and A. Water-Bayer (1992), Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture, McMillan, London.
- Rosset, P. (1999) The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations, Food First Policy Brief No. 4. Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.
- STOLL, G. 1989. Protección natural de cultivos basada en recursos locales en el trópico y subtrópico. Margraf : Weikersheim (Alemania). 183 pp.
- SAYRE & KAYMAKCALAN, 1964. Cyanide poisoning from apricots seeds among children in central Turkey. *New Engl. J. Med.* 270: 1113 – 115. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- VON SZCZEPANSKI, C., ZGORZELAK, P., HOYER G.A. 1972. Isolation, structure determination and synthesis of an antimicrobial substance from *Petiveria alliacea*. *Arzneim. Forsch.* 22: 1975. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO.
- VANDERMEER, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:201-224.
- VON SZCZEPANSKI, C; ZGORZELAK, P; HOYER, G.A. 1972. Isolation structure determination and synthesis of an antimicrobial substance from *Petiveria alliacea*. *Azneim. Forsch* 22 : 1.975. EN GRUPO, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- ECKERT, Silke. 1991. “Control Natural de Insectos perjudiciales en Paraguay”. CECTEC. Asunción, Paraguay. 79 p.
- KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: CLARO, SOEL ANTONIO. 2001. Referencias tecnológicas para a agricultura familiar ecológica: a experiencia da Região Centro-Serra do Rio Grande do Sul / por Soel Antonio claro; prefácio de José Antonio Costabeber e Francisco Roberto Caporal. – Porto Alegre: EMATER/RS – ASCAR.
- Bourguet D., Genissel A., Raymond M., J. *Econ. Entomol.* **2000**, 93, 1588-1595.
- Carpinella, M. C., Ferrayoli, C., Valladares, G., Defago, M. and Palacios, S. M. Potent Limonoid Insect Antifeedant from *Melia azedarach*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **2002**, 66, 1731-1736.
- Carpinella, M. C.; Defago, M. T.; Valladares, G. And Palacios S. M. Antifeedant and insecticide properties of a Limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. *J. Agric. Food Chem.* **2003**, 51, 369-374
- Céspedes, C. L.; Calderón, J. S.; Lina, L. and Aranda, E. Growth effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrelela spp.* (Meliaceae). *J. Agric. Food Chem.* **2000**, 48, 1903-1908.
- Dixon R. *Nature*, **2001**, 411, 843.
- Duke, S. O. Natural pesticides from plants. In. J. Janick and J. E. Simon (eds.), *Advances in new crops* Timber Press, **1990**, 511-517
- el-Shazly M.M. and el-Sharnoubi E.D. Toxicity of a Neem (*Azadirachta indica*) insecticide to certain aquatic organisms. *J Egypt Soc Parasitol.* **2000** (1):221-31.
- Evans, W.C. *Farmacognosia*. Editorial Interamericana. **1991**, 45: 692-714.

- Freemark K., Boutin C., Agriculture, Ecosystems and Environment **1995**, 52, 67-91.
- Heiden, P. Insecticidal constituents of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* (Meliaceae). In: Naturally occurring pest bioregulators. Heidin, P Ed. A C S Symp. Series, Washington, DC., 1991, pp 293-304
- Klayman, D.L.; Lin A.J., Acton N., Scovill J.P., Hoch J.M., Milhous W.K., Theoharides, A.D., Dobek A.S.. Isolation of artemisinin (qinghaosu) from *Artemisia annua* growing in the United States. *J. Nat. Prod.* **1984**, 47, 15-717.
- Mansaray, M. Chem. **2000**, 677-8.
- Menjívar, R. Insecticidas naturales. Riesgos y Beneficios. **2001**.
www.elsalvador.com/hablemos/Ediciones/290701/actualidad.htm [5/5/004]
- Ottaway, P. B. Chem. **2001** 42-4 .
- Jacobson, M. Botanical Pesticides: Past, present and future. En Insecticides of Plant Origin. Arnason, J. T.; Philogene, B. J. R. y Morand, P. ACS Symposium Series 1989, 387. 1-10.
- Rao, P.J, Maresh Kumar, K., Singh, S. and Subrahmanyam, S. Effect of *Artemisia annua* oil on development and reproduction of *Discercus koenigii* F. (Hem., Pyrrhocoridae). *J. Appl. Entom.* **1999**, 5, 315-318.
- Sanchez, T.. [Contaminación del suelo](#) y lucha biológica. **2002**
www.corazonverde.org/proyectos/ecojardin.html
- Silva, G., A. Lagunes, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez.. Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. [Revista](#) Manejo Integrado de Plagas (CATIE) **2002** (en [prensa](#)).
- Suresh, G., Geetha Gopalakrishnan; Daniel Wesley, S.; Pradeep N. D.; Malathi, R. and Rajan, S. S. Insect antifeedant activity of tetranortriterpenoids from the rutales. A perusal of structural relations. *J. Agric. Food Chem.*, **2002**, 50, 4484-4490.
- Stoll, G. Protección Natural de Cultivos en zonas tropicales. J. Margaf Ed. 1989.
- Tripathi, A. K.; Prajapati, V; Aggarwal, K. K.; Khanuja, S. P. S. Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored-product beetles. *J. Econ. Entom.* **2000**, 93, 43-47.
- Tripathi, A. K.; Prajapati, V; Aggarwal, K. K.; Kumar, S. Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8-cineole from *Artemisia annua* on progeny of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Econ. Entom.* **2001**, 94, 979-83.
- Valladares, G.; Defagó, M.T.; Palacios, S.M. and Carpinella, M.C. Laboratory evaluation of *Melia azedarach* (Meliaceae) extracts against the Elm Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* **1997**, 90, 747-750.
- Waterhouse D., Carman W.J., Schottenfeld D., Gridley G., MacLean S. *Cancer*, **1996**, 77, 763-770.

VIII Textos de Consulta

ALEXANDER, K; EPSTEIN, W.W. 1975. Studies on the biogenesis of. Non – head – to – tail monoterpenes. The isolation of (1R, 3R) – Chysanthemol from *Artemisia ludoviciana* J. Org. Chem. 40 : 2576 – (1975). EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio Altieri, M.A. (1991), “Traditional farming in Latin América”, *The Ecologist*, 21: 93-96.

- ALTIERI M.A. AND C.I. NICHOLLS. 2007. CONVERSION AGROECOLOGICA DE SISTEMAS CONVENCIONALES DE PRODUCCION: TEORIA, ESTRATEGIAS Y EVALACION. ECOSISTEMAS (ESPANA). REVISIONES MONOGRAFICO.
- ALTIERI M.A. AND C.I. NICHOLLS. 2006. OPTIMIZANDO EL MANEJO AGROECOLOGICO DE PLAGAS A TRAVES DE LA SALUD DEL SUELO. *AGROECOLOGIA. VOL 1: 29-36*

Altieri, M.A. y A. Yurjevic (1991), “La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina” en *Agroecología y Desarrollo* 1: 25-36.

Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder

Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 1999 Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems In: *Biodiversity in Agroecosystems*. (Eds, Collins, W. W. and Qualset, C. O.) CRC Press, Boca Raton, pp. 69-84.

Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, 72, 203.

Altieri MA, Nicholls CI. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems: Binghamton USA: Food Products Press. ANDRES BELLO. 617 p.

AMORIN, J.P. & PESSOA, S. B. 1962. Experience with several plants as molluscicides. Rev. Brasil. Moleriol. Doem Trop. 14 (I) : 254 – 260. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

ARMENDARIZ, E. 1915. A mote un the pharmacological investigarión of estafiante Gac Med. Mçexico Series 3 (10) : 362. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

AYENSU, E. S. 1992. Medicinal presencia Plants of the west Indies. Reference Publications Inc. USA, 283 p. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

BACHALTER, L. 1969. Identificatión of monomeric and polymeric 5, 7, 3, 4 – tetrahydroxyflavan -3-4 diol, from tannin extract opf Wild Cherry bark. USP, *Prunus serotina*. J. Pharm. Sci. 58 (10) :1272. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

BANDONI, A.L., MENDIONDO, M.E., RONDINA, R.V.D., COUSSIO, J.D. 1972. survey of Artentine medicinal plants I. Folklore and phychemical screening. *Lloydia* 35 (I) : 69 – 80. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

BASUALDO ISABEL; NELIDA SORIA. 1996. Farmacopea Herbolaria Paraguaya. Especies de la Medicina Folklórica utilizada para combatir enfermedades del aparato respiratorio. Parte I. *Rojasiana* 3(2) 197 –238.

- BIESSELS, H.W.A., VAN DER KERK-VAN HOOF, A.C., KETTENES-VAN DEL BOSCH, J.J., SALEMINK, C.A. 1974. Triterpenes of *Prunus serotina* and *Prunus lusitanica*. *Phytochemistry* 13 : 203. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BORGES DEL CASTILLO, J; BRADLEY DELSO, A. MONTANESA FERRERO, M.T. VASQUEZ BUENO, P. RODRIGUEZ LUIS, F. 1983. Salvadorian Compositae 4 Asesquiterpenoid Lactone from *Ambrosia cumanensis* *Phytochemistry*. 22 (3): 782 – 783. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BORGES DEL CASTILLO, J; FERRERO, M.T., RAMON J.L.M, LUIS, F.R, VASQUEZ BUENO, P. 1983. Sesquiterpeno Lactones from *Ambrosia cumarensis* *An. Quim. Ser.C.* 77:52 – 53. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- BORGES, J; MANRESA, MT. MARTIN, JL. VASQUEZ, C.P.Y.P. 1978. Altamisin, a new sesquiterpene lactone from *Ambrosia cumanensis*. *Tetrahedron Lett.* 1978: 1513. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- CACERES, A., GIRON, L.M., MARTÍNEZ, A.M. 1987. Diuretic activity of plants used for the treatment of urinary ailments in Guatemala. *J. Ethnopharmacol.* 19(3) : 233 – 245. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- CORREA – FERREIRA, 2003. Soja orgánica. Alternativas para el manejo de los insectos perjudiciales. EMBRAPA, Londrina (Brasil). Pp 83. In: OLIVEIRA, L.J. HOFFMANN – CAMPO, C.B. Manejo de plagas de soja na cultura da soja. In: REUNIOÓN INTERNE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUO BIOLÓGICO, 4., 2001, Ribeirao Preto, Anais... Ribeirao Preto: Instituto Biológico, 2001. p.70 – 76.
- CORREA – FERREIRA, 2003. Soja orgánica. Alternativas para el manejo de los insectos perjudiciales. EMBRAPA, Londrina (Brasil). Pp 83. In: VENDRAMIM, J.D.; GASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistencia de plantas e plantas inseticidas.
- CLAUDE BURG, I. y MAYER, P. H. 2002. Alternativas ecológicas para prevención y control de insectos perjudiciales y enfermedades : Caldos, biofertilizantes, fitoterapia animal, hormiguicidas, defensivos naturales y sal mineral. Grafit : Brasil. 153 pp.
- DEGEN, R. & MERELES, F. 1996. Check list. De las plantas colectadas en el Chaco Boreal, Paraguay. *Rojasiana.* 3(1) 1 – 175.
- DEGEN, R. Variedades de agrícol utilizados en la medicina Folkloríca Paraguaya 1 (1) 13 – 15.
- DOMINGUEZ, X.A., SANCHEZ, V.H., SUAREZ, M., BALDES, J.K., GONZALEZ, M.R. 1989. Chemical constituents of *Lippia graveolens*. *Planta Med.* 55 (2): 208 – 209. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- DOMINGUEZ, X.A; CARDENAS, G.E. 1975. Achillin and deacetylmatricarin from two *Artemisia species*. *Phytochemistry* 14 : 2511 – 2512. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

- FONT QUER, P. 1992. Plantas Medicinales. El Dioscórides Renovado. Labor, Barcelona (España), 1033 pp, pág. 84 – 335 – 6151.
- FONT QUER, P. 1992. Plantas Medicinales. El Dioscórides Renovado. Labor, Barcelona (España), 1033 pp, pág. 84 – 335 – 6151.
- GALLO, D. (in memoriam)... et al. 2002. Entomología agrícola. Piracicaba : FEALQ, Brasil. 282 al 302 pág.
- Gliessman SR (1998) Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Michigan.
- GONZALEZ – TORRES, D. 1992. Catálogo de Plantas Medicinales (alimenticias y útiles) Usados en Paraguay. Asunción, Paraguay. 456 pp.
- GONZALEZ – TORRES, D. 1992. Catálogo de Plantas Medicinales (alimenticias y útiles) Usados en Paraguay. Asunción, Paraguay. 456 pp.
- GARCIA, M.A.; ALTIERI, M.A. 1992. Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta crucifera* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behavior. Entomología Experimentalis et Applicata, Dordrecht, v. 62, p. 201 – 209.
- GRAINGE, M & AHMED, S., 1988. Hand book of. Plants With Pest – Control Properties. New York, John Wiley & Sons, p 204. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HARVEY, R.B., LARSON, A.H., LANDON, R.H., BOYD, W.L., ERICKSON, L.C. 1945. Weeds poisonous to livestock. Bull. Minnesota Agr. Exp. Sta. 388 : I. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HEGNAUER, R. 1966. Chemotaxonomie der Pflanzen. Volumes 1 -6, Birkhauser Verlag Basel and Stuttgart. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HUNECK, S; ZDERO, C; BOHLMANN, F. 1986. Secoquaianolides and other constituents from *Artemisia species*. Phytochemistry 25 (4); 883 – 889. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- HUERTA ESCOLAR ORGÁNICA. Programa de gestión ambiental. Programa de desarrollo sostenible. PLAN INTERNACIONAL PARAGUAY. 1998. ALTERVIDA, Paraguay. 37 pp.
- LEE, K.H; GEISSMAN, T.A. 1970. Sesquiterpene Lactones of *Artemisia* constituents of *Artemisia ludoviciana spp. mexicana* Phytochemistry 9 : 403. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.
- LÓPEZ J.A.; LITTLE E.; RITZ G.; ROMBOLD J & W. HAHN. 1987. Árboles Comunes del Paraguay. Nande Yvyramata Kuera. Cuerpo de Paz. Asunción, Paraguay.

LORENZI, H. 1990. Manual de Identificación y Control de Plantas Dañinas: Plantio Directo e Convencional. 3era. Ed. Nova Odessa, Sao Paulo: Editora Plantarum. 240 pp.

NÚÑEZ B.V. VANEGOS, D.L., TORRES, G.J. 1983. Caquexia muscular distrofica y su relación clínica patológica con neurotoxicidad retardada. Rev. ICA (Santa fé de Bogotá – colombia) 28 (4) : 345 – 353. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

NORRIS, R.F.; CASWELL – CHEN, E.P.; KOGAN, M. Concepts in integrated pest management. Upper Sdle River: Prentice Hall, 2003. 5586p.

OLAIFA, J.L; ERHUN, W.O; AKINGBOHUNGBE, A.E. 1987. Insecticidal activity of some Nigerian plants. Insect Sci Appl. 8 : 221 – 224. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

OLSNES, S; REFSNES, K; CHRISTENSEN, T.B., PIHL,A. 1975. Structure and properties of the lectins from *Abrus procatorius* and *Ricinus communis*, Bioclim. Biophys. Acta. 405 : I. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

ORTIZ DE MONTELLANO. 1975. Empirical aztec medicine. Science 188 : 215 – 220. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

OSPINA, de N.L.E., OLARTE J.C., NUÑEZ, O.E. 1986. Phytopharmacological studies on a liposoluble fraction studies. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm. 15 : 37 – 47. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

PAREDES, M. 2003. Manual de planificación de fincas rurales : Material de apoyo para jóvenes capacitadores en seguridad alimentaria. ALTERVIDA, GTZ, ICO, AMUSEDE, CODIDES : Paraguay. 75 pp.

PAREDES, M. 2004. Material educativo preparado por el PROGRAMA AGRECOLOGÍA – ALTERVIDA. ALTERVIDA, Paraguay. 21 pp.

PINHEIRO, S.; BARROZO BARRETO, S. 2005. MB-4. Agricultura Sustentable, Trofobiosis y Biofertilizantes. Brasil : Fundación juquirá Candiru MIBASA.273.

PERALTA, P; LEZCANO, W; FORMOSO, T. 2003. Huerta Ecológica Campesina. CECTEC : Paraguay. 95 pp.

PRIMAVESI, A. 1988. Manejo Ecológico del Suelo. La Agricultura en Regiones Tropicales. 9A edición. Sao Paulo Br., Nobel. Pp 550

RAFFAUF, R.F. 1970. A Handbook of Alkaloids and Alkaloid – containing Plants. John Wiley & Sons, USA. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

ROBINEAU, L (ed). 1991. Hacia una Farmacopea Caribeña. Seminario TRAMIL IV. Tela, Honduras. ENDA – CARIBE/UNAH. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 474 p. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

RESTREPO RIVERA, J. 2002. Agricultura Orgánica. BIOFERTILIZANTES Preparados y Fermentados a base de MIERDA de VACA. Preguntas Directas,

Respuestas Prácticas. FUNDACIÓN JUQUIRA CANDIRU, Colombia, Brasil, Mexico. 105 p.

RESTREPO RIVERA, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); San José, Costa Rica. 155 p.

Silva, G., A. Lagunes, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez.. Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE) **2002**

Power, A.G. 1999 Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1: 185-196.

RAMOS, G.C 1969. Aislamiento del Principio Nematicida de la Especie *Petiveria alliacea*. Tesis. Guatemala, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC, 30 p. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

Reijntjes, C., B. Haverkort and A. Water-Bayer (1992), *Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture*, McMillan, London.

Rosset, P. (1999) The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations, Food First Policy Brief No. 4. Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.

STOLL, G. 1989. Protección natural de cultivos basada en recursos locales en el trópico y subtropico. Margraf : Weikersheim (Alemania). 183 pp.

SAYRE & KAYMAKCALAN, 1964. Cyanide poisoning from apricots seeds among children in central Turkey. *New Engl. J. Med.* 270: 1113 – 115. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

VON SZCZEPANSKI, C., ZGORZELAK, P., HOYER G.A. 1972. Isolation, structure determination and synthesis of an antimicrobial substance from *Petiveria alliacea*. *Arzneim. Forsch.* 22: 1975. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO.

VANDERMEER, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:201-224.

VON SZCZEPANSKI, C; ZGORZELAK, P; HOYER, G.A. 1972. Isolation structure determination and synthesis of an antimicrobial substance from *Petiveria alliacea*. *Azneim. Forsch* 22 : 1.975. EN GRUPA, MAHABIR P. 1995. 270 Plantas Medicinales Iberoamericanas. Convenio ANDRES BELLO. 617 p.

ECKERT, Silke. 1991. "Control Natural de Insectos perjudiciales en Paraguay". CECTEC. Asunción, Paraguay. 79 p.