

Control Biológico Componente Fundamental del MIP

Origen, Definiciones y Conceptos Básicos

A. López-Ávila. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas -MIP- Corpoica. Centro de Investigación Tibaitatá. Apartado Aéreo 240142 Las Palmas. Santafé de Bogotá, D. C. Colombia. E-mail: alopez@corpoica.org.co

Introducción

El control biológico, a pesar de existir como fenómeno natural desde los comienzos de la formación de las comunidades biológicas y de conocerse su acción desde "tiempos inmemoriales", cuando los agricultores chinos colocaban nidos de hormigas depredadoras sobre árboles de cítricos, con el propósito de reducir poblaciones de plagas del follaje, hoy es considerado como uno de los métodos modernos para el control de plagas en la agricultura.

Como reacción a la crisis en el manejo de plagas ocurrida durante la "revolución verde" y caracterizada por la aparición de resistencia de las plagas a los plaguicidas, la acumulación de los clorinados en el ambiente, el aumento exagerado en los costos de los plaguicidas y otra serie de factores de tipo biológico y conceptual, surgen en la década del setenta, propuestas más racionales para el manejo de las plagas en la agricultura como el Manejo Integrado de Plagas -MIP- y dentro de éste, el control biológico adquiere la mayor relevancia, como uno de los componentes fundamentales y quizá, el más estratégico. Sin embargo, el uso del control biológico en los agroecosistemas, así como otros métodos de control de plagas, puede tener grandes y diversas implicaciones para el hábitat natural y su conservación. Esta es actualmente una de las más grandes preocupaciones de: ecólogos, biólogos, conservacionistas, en general de la comunidad científica y últimamente de los políticos.

En una charla introductoria a un Curso sobre control biológico como éste, es pertinente y necesario abordar el tema empezando por dar un vistazo al origen y desarrollo histórico de este método como estrategia para el control de plagas. Así como a las definiciones y conceptos en los que se fundamenta dicho método. Por lo cual en esta presentación trataremos estos aspectos. Además mencionaremos algunos casos de éxito y fracaso en los intentos por establecer el control biológico en la agricultura, los campos de aplicación, la clase de agentes utilizados y sus características.

Otros aspectos del control biológico, aunque muy relevantes, no los considero pertinentes en esta charla, debido a su amplio conocimiento y aceptación por la comunidad, tales como las ventajas del control biológico frente a otros métodos de control de plagas. Aspectos como la contaminación ambiental, el desarrollo de resistencia de las plagas, los riesgos para la salud de los productores o de los consumidores, la relación costo-efectividad-beneficio, o temas más específicos serán tratados con mayor detalle y profundidad a lo largo de este Curso-Taller.

Desarrollo Histórico y Definición

Las primeras aplicaciones del control biológico ocurrieron muchos años antes de que existiera una definición de éste, cuando el hombre empezó a proteger sus productos almacenados del daño de los roedores usando los gatos. A partir de allí, existe un buen número de

ejemplos en los cuales se intento el control de vertebrados e invertebrados plagas usando sus depredadores naturales, muchos de los cuales resultaron en fracasos e inclusive en problemas peores a los que se intentó solucionar, debido a la falta de especificidad de los agentes de control.

El origen del aprovechamiento del fenómeno natural del control biológico en beneficio del hombre parece estar en la práctica de los citricultores chinos, y aunque la literatura menciona varios casos en los siglos XVI, XVII y XVIII, en los que se observa el fenómeno y se plantean algunas posibilidades de su utilización, el primero en sugerir que los parasitoides podrían ser utilizados en el control de plagas fue Erasmo Darwin en 1800, al observar la muerte de larvas del follaje en repollo atacadas por una avispa (Ichneumonidae), (Doutt, 1964) y es solo hasta hace poco mas de un siglo, en 1888, cuando se presenta el primer intento serio y bien planeado de control biológico. Es por eso que tal año ha sido tomado como el inicio del control biológico en el mundo. Se trata del caso bien conocido y documentado de la introducción del coccinelido predador *Rodolia cardinalis* (Mulsant) de Australia a California para el control de la escama algodonosa *Icerya purchasi* Maskell plaga que estaba causando daños severos a la industria citrícola de California. (Los pormenores anecdóticos de esta aventura técnico-científica aparecen en todos los libros de control biológico) (Debach, 1964). En este caso curiosamente también son los citricultores, en California, los que hacen uso del fenómeno natural del control biológico dando origen a un nuevo e importante concepto: "El control biológico clásico", el cual se define como "la introducción y establecimiento permanente de una especie exótica para el control o supresión, a largo término, de la población de una plaga" y distingue esta técnica de otras aplicaciones del control biológico que comprenden liberaciones periódicas de agentes nativos o exóticos, o la manipulación tendiente a mejorar el impacto de los enemigos naturales ya presentes en un agroecosistema. Este hecho marcó el inicio del "control biológico clásico" con la introducción de un depredador, pero la primera introducción exitosa de un parasitoide solo ocurrió hasta en 1906 cuando se introdujo a Italia, procedente de los Estados Unidos, la avispa *Encarsia berlesii* (Howard) para el control de la escama de la mora *Pseudolacaspis pentagona* Targioni-Tozzelli (Greathead, 1986). Desde entonces ha habido muchos intentos de control de plagas por el método del "control biológico clásico", algunos de ellos han terminado con un establecimiento exitoso del enemigo natural pero otros han tenido poco éxito y la mayoría quizá han terminado en fracaso.

Hoy día pueden encontrarse fácilmente en la literatura mas de 30 definiciones de Control biológico, que de una u otra forma buscan precisar o delimitar el campo de acción de esta ciencia, desde la primera definición dada por Smith en 1919 como: "el uso de enemigos naturales bacterias, hongos, parásitos y depredadores en el control de plagas". Las definiciones más amplias incluyen además de la anterior, casi todos los métodos de control diferentes del control químico convencional, como la resistencia de plantas, la esterilización o técnica del macho estéril, el uso de feromonas y la manipulación genética de las especies. Pero quizá, la más apropiada simple, tradicional, bien delimitada y de más amplia aceptación es la dada por DeBach (1964) como: "la acción de parásitos, predadores y patógenos en mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo del que ocurriría en su ausencia". Esta definición describe un fenómeno natural que al ser estudiado, entendido y utilizado por el hombre en el manejo de plagas, malezas y enfermedades en los agroecosistemas, constituye la ciencia del control biológico.

De acuerdo con la información registrada en la literatura sobre control biológico, (Waage & Greathead 1988; Greathead & Greathead 1992; Huffaker & Dahisten 1999) hay registros de mas de 1200 establecimientos exitosos de 563 especies de insectos contra 292 especies de plagas en 168 países, de los cuales, aproximadamente entre un 30 a 40% han producido un éxito substancial en el control de plagas. Los fracasos son mucho mas difíciles de documentar y analizar, pero los registros e información disponible sobre introduc-

ciones de parasitoides sugieren que el control biológico ha sido exitoso, en aproximadamente una cuarta parte de las plagas contra las cuales se ha intentado, y la misma proporción de los parasitoides y depredadores importados, ha llegado a establecer satisfactoriamente después de su introducción, lo que indica que hasta ahora ha habido más de 4.200 intentos de establecimiento de parasitoides o depredadores. El control biológico clásico usando patógenos es relativamente nuevo y la información disponible muestra unos pocos casos de éxito contra insectos y contra malezas.

En cuanto al control biológico de patógenos de plantas, este es un campo en el que recientemente se han incrementado las investigaciones y ya existen en el mercado mundial, una serie de productos con base en antagonistas como *Trichoderma* spp. *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis*, recomendados contra patógenos del suelo. Igualmente el control biológico de malezas ha recibido gran atención en los últimos años, Julien & White (1997) mencionan que a partir del primer caso en 1980, en el mundo ha habido un total de 729 liberaciones de agentes de control biológico contra malezas, de los cuales, en el 64% se ha logrado el establecimiento del agente y un 28% han resultado en éxito en el control de las malezas.

Muchos de estos casos se podrían mencionar como ejemplos, y de hecho muchos se encuentran en todos los libros y publicaciones sobre el tema. Sin embargo, vale la pena mencionar acá dos casos que considero de la mayor importancia como ejemplos de "control biológico clásico" de desarrollo reciente, ampliamente conocidos en nuestro medio, y a nivel global. El primero es quizá el proyecto de control biológico más grande y mejor financiado que ha habido en el mundo. Se trata del programa de control de la cochinilla o piojo harinoso de la yuca, *Phenacoccus manihoti* Matilde-Ferrero y los ácaros *Mononychiellus tanajoa* (Bondar) *Sensu lato* en África. En este proyecto estuvieron involucrados varios institutos internacionales en América, Europa y África, y consecuentemente, un gran número de investigadores al rededor del mundo. Varios parasitoides fueron encontrados y colectados en Sur América e introducidos en África con resultados exitosos en el control de la cochinilla harinosa. En igual forma varios ácaros depredadores han sido llevados de Colombia a Nigeria para el control de los ácaros plagas del cultivo.

El segundo caso es el del control biológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en América Latina, en el cual han estado involucrados la mayoría de los países productores de café, como Brasil, Perú, Ecuador, México, Guatemala, El Salvador Honduras, y por supuesto Colombia. En Colombia las investigaciones en control biológico clásico, con parasitoides para el control de la broca se iniciaron en 1989 (Orozco, 1993) y desde entonces, se han introducido tres especies de avispas parasitoides originarios de África: *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta*, y *Phymastichus coffea*. Los resultados hasta ahora logrados en este proyecto son ampliamente conocidos por la comunidad científica nacional e internacional.

Conceptos Bioecológicos

Individuo: Es la unidad biológica más fácilmente caracterizable por sus atributos: tamaño, edad, estado, sexo, color, tolerancia o reacción a factores físicos. Se caracteriza por sus manifestaciones fenotípicas que son la expresión genética modificada por el ambiente.

Población: Es un grupo de individuos de la misma especie que ocupan un área determinada e inter-actúan y procrean entre ellos. Una población debe tener un tamaño mínimo y ocupar un área que contenga todos los requisitos ecológicos para desplegar completamente sus características, como crecimiento, dispersión, fluctuación, variabilidad genética y continuidad en el tiempo.

Especie: Esta constituida por las poblaciones que real o potencialmente se reproducen entre sí. Poblaciones de la misma especie pueden estar separadas por factores físicos como las barreras geográficas.

Comunidad biológica: Esta constituida por poblaciones de diferentes especies que comparten un espacio físico e interactúan entre sí.

La interacción se manifiesta mediante:

- **Competencia:** dos poblaciones que intentan explotar los mismos recursos, sus nichos ecológicos se traslapan.
- **Depredación y Parasitismo:** una población explota a la otra consumiéndola total o parcialmente.
- **Mutualismo:** dos poblaciones interactúan para su beneficio mutuo.

Nichos y niveles tróficos: Cada población de un organismo exige un complejo de requisitos de su ambiente para sobrevivir y reproducirse, éstos constituyen su nicho ecológico. Las plantas ocupan nichos definidos principalmente por factores físicos y constituyen el primer nivel trófico (productores), el segundo nivel esta constituido por los consumidores primarios (organismos fitófagos), los consumidores secundarios utilizan a los primarios como fuente de alimento (depredadores, parasitoides), y así se constituye una cadena trófica a través de la cual fluye la energía.

Ecosistema: El complejo de las interacciones de los factores físicos (abióticos) con la comunidad biológica da lugar a un flujo dinámico de materia y energía que constituye el ecosistema.

Agroecosistemas: Son ecosistemas intervenidos y transformados por el hombre mediante actividades agropecuarias, con el fin de producir materiales para satisfacer sus necesidades.

Capacidad de carga: Es el nivel máximo de uso de un ecosistema, frente a la utilización de un tipo o combinación de recursos específicos.

Capacidad de resiliencia: Es la capacidad de recuperación de un sistema, frente a un tipo y nivel específico de perturbación. Entre menor sea la capacidad de resiliencia mayor es la fragilidad del sistema.

Conceptos Bioeconómicos

Plaga: Se denomina plaga en este contexto a cualquier organismo que a determinado nivel de población o inóculo, compete y causa daño económico sobre una especie animal o vegetal en cualquiera de las etapas de: establecimiento, crecimiento, desarrollo, producción o en el manejo posterior que el hombre hace de ella para su beneficio.

Causas de aparición de una plaga:

- Cambios o manipulación de un ecosistema.
- Transporte de una especie de un área en donde el organismo forma parte de un ecosistema balanceado a otro ecosistema o área donde no existe.
- El establecimiento, por diferentes razones, de umbrales económicos cada vez más bajos.

Umbrales económicos:

- **Posición general de equilibrio - PGE:** Es la densidad promedio de una población en un período de tiempo (largo) en ausencia de cambios ambientales permanentes.
- **Umbral económico - UE:** También se le conoce como "Umbral de Acción", "Umbral de control", "Nivel crítico". Es la densidad de población de una plaga a la cual debe aplicarse una medida de control para evitar que la población alcance el "Nivel de daño económico".
- **Nivel de daño económico - NDE:** Es la densidad de población más baja (mínima) que puede causar un daño económico. Daño económico es la cantidad de daño que justifica el costo de una medida de control.

Tipos de plagas agrícolas:

- Especies no plagas
- Plagas ocasionales
- Plagas constantes
- Plagas severas

Descripción del Método y Técnicas

Los factores a considerar en la implementación del control biológico son los mismos de cualquier método de control, y están relacionados con la interacción entre la densidad de la población de la plaga, el daño que causa y la producción. Sin embargo, un requisito en el cual se basa enteramente un programa de control biológico es la correcta identificación de la plaga. Los demás factores son:

- El umbral económico de la plaga
- La magnitud de las pérdidas
- El valor de la cosecha (en términos monetarios, ecológicos y sociales).

Cuando se considera un problema de plagas en relación con el control biológico, se debe determinar si se trata de una plaga que puede ser aceptada en bajas densidades, ya que este es el objetivo del control biológico clásico y no la eliminación completa.

Hay dos tipos de plagas que no son aceptables inclusive a bajas densidades, éstas son: los vectores de enfermedades y las que causan daño directo al producto final del cultivo, daño cosmético.

Resumiendo ampliamente la información sobre el método de trabajo en control biológico (Zwölfer et al 1976, Van Lenteren 1980), los siguientes serían los pasos fundamentales en un proyecto de «control biológico clásico»:

- Definir la posición taxonómica y la importancia del organismo que se va a controlar (plaga, maleza o enfermedad).
- Colectar y evaluar toda la información disponible acerca de dicho organismo.
- Si la información anterior no revela un agente de control biológico disponible, se debe seleccionar un área de exploración para iniciar un inventario de los enemigos naturales. Generalmente, esta área es un país extranjero o país de origen de la plaga.
- Selección del agente benéfico y estudios bioecológicos.
- Introducción y liberación del agente benéfico.
- Evaluación del establecimiento.

El inventario debe ser razonablemente amplio e incluir una cantidad pertinente de información ecológica (hábitos, hiperparasitoides, rango de huéspedes,). Con estos datos se podrá iniciar el análisis comparativo de los factores naturales.

Durante la exploración no se podrán establecer todos los factores que influyen en la dinámica de población de una especie en su ambiente nativo, pero algunos parámetros importantes pueden ser establecidos mediante investigaciones de laboratorio y campo.

Aunque hasta aquí la investigación no puede predecir si el enemigo natural se va a establecer o va a ser efectivo en un nuevo ambiente, se pueden plantear algunos criterios, de tipo general, para fijar prioridades en la selección de candidatos.

- Después de una primera selección de candidatos, una serie de características del enemigo natural deben ser estudiadas antes de la introducción.
- Basados en la información obtenida en los estudios previos, se selecciona el agente para la introducción. Algunos investigadores opinan que esta selección es la fase más crítica en cualquier programa de control y es aún un proceso bastante empírico.
- En el siguiente paso el material seleccionado es preparado y enviado al país donde va a ser introducido. Luego vendrá la liberación en las áreas donde la plaga va a ser controlada.
- Después de la liberación debe haber una evaluación del establecimiento y la efectividad en el control de la plaga. Esta es otra de las fases críticas del proyecto y sobre la cual ha habido mucha discusión.

Algunos de los proyectos de control biológico más recientes o actualmente en desarrollo, incluyen una etapa muy importante entre el envío del material seleccionado del país de origen y su liberación en el área del problema. Es una fase cuarentenaria durante la cual, generalmente se aconseja criar los enemigos naturales por una o varias generaciones antes de ser liberados. Con el objeto de eliminar cualquier riesgo de introducción accidental de un organismo no deseable. En algunos casos esta fase se lleva a cabo en un tercer país pero generalmente se realiza en el país receptor. En una charla posterior (ver página 119) se aborda con mayor detalle el tema del control biológico y las restricciones cuarentenarias.

Aunque puede haber algunas innovaciones, introducidas por las más recientes tecnologías de la biología molecular (Unruh & Woolley 1999), el control biológico actualmente se practica mediante las siguientes técnicas o estrategias consideradas como convencionales:

Introducción: La introducción y establecimiento de un agente exótico para la regulación de la población de una plaga a largo plazo, "Control biológico clásico"

Inoculación: es una estrategia similar a la anterior, pero que requiere de liberaciones periódicas del agente de control ya que éste no puede persistir y establecerse definitivamente.

Aumento: incluye liberaciones de enemigos naturales ya existentes en forma nativa en el agroecosistema y el propósito es contribuir a la acción de los agentes nativos, principalmente en determinadas épocas cuando la plaga se halla en los estados más susceptibles.

Inundación: liberación de grandes cantidades de agentes de control, para controlar una sola generación de la plaga. En esta técnica no se espera que las liberaciones tengan efecto sobre las generaciones siguientes de la plaga. Esta estrategia se utiliza con los bioplaguicidas y podría considerarse similar a la del control químico.

Agentes de Control Biológico

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

El tercer y cuarto grupos será tratado en detalle en otras charlas durante este curso, así que aquí solo nos referimos a los parasitoides y los depredadores.

El estudio de estos dos grupos de enemigos naturales como agentes de control biológico puede ocupar volúmenes y tomar mucho tiempo, sin embargo quiero solo mencionar algunas de las propiedades que los diferencian.

En términos generales, los depredadores se caracterizan porque son relativamente grandes comparados con la presa a la cual deben cazar, dominar y devorar o succionar los fluidos de su cuerpo en un período relativamente corto. Un depredador consume más de una presa para completar su desarrollo, y la mayoría de los depredadores son carnívoros, tanto en los estados inmaduros, como en el adulto y se alimentan generalmente del mismo tipo de presas en ambos estados.

Se ha dicho que los insectos depredadores son los leones, tigres, lobos, tiburones, barracudas, halcones y gavilanes del mundo de los insectos. Los artrópodos depredadores incluyen las arañas, ácaros e insectos. Las arañas generalmente son polípagas y de gran importancia como depredadores en algunos ecosistemas. Los ácaros depredadores se alimentan casi exclusivamente de ácaros fitófagos y la clase insecta contiene la mayor cantidad de especies depredadoras en los Ordenes Coleóptera, Díptera, Hemíptera, Hymenóptera y Neuróptera.

Los parasitoides son invariablemente parásitos solo durante su estado inmaduro, el cual, se desarrolla dentro de un solo huésped que es destruido lentamente a medida que la larva del parasitoide completa su desarrollo. El estado adulto de los parasitoides es de vida libre y generalmente se alimenta de sustancias diferentes a la del estado parasítico como néctar de flores u otro tipo de secreciones azucaradas, aunque algunas veces lo hace de fluidos del cuerpo de sus huéspedes, para lo cual debe sacrificar algunos huéspedes actuando en este caso como depredadores. Esta es una acción de reciente descubrimiento y estudio y se ha encontrado que es un factor de mortalidad importante en la relación huésped-parasitoide en algunas especies.

Campos de Aplicación del Control Biológico

A pesar de que ha habido intentos de ampliar el campo de aplicación del control biológico a otras áreas y ciencias, y de hecho actualmente se trabaja en campos como la medicina y la salud pública, tradicionalmente el control biológico se ha aplicado en la agricultura para el control de artrópodos plaga, enfermedades y malezas.

El control biológico clásico por definición está dirigido a establecer o restablecer una interacción de equilibrio entre las plagas y sus enemigos naturales en los agroecosistemas. Claramente los agentes serán afectados por la estabilidad o permanencia en el tiempo del cultivo.

Plantaciones a largo término como Palma Africana, caucho, cacao o café, proveen un sistema ideal para el control biológico debido a su estabilidad. Cultivos de término medio,

como la caña de azúcar, plátano, banano, que son replantadas cada determinado número de años son menos estables que las plantaciones, pero a su vez, más estables que los cultivos arables de periodo corto como la papa, las hortalizas etc. Existe una obvia correlación entre este tipo de estabilidad de los cultivos y las posibilidades de éxito de un programa de control biológico.

Waage & Greathead (1983) trabajaron un sistema de puntaje para cultivos con base en la estabilidad de clima, duración del cultivo, época de siembra y labranza. Relacionado el puntaje para cada cultivo con el número de intentos y éxitos de control biológico clásico, ellos confirmaron un mayor éxito de control biológico en los cultivos con alto puntaje como las plantaciones. Sin embargo, aunque el éxito puede ser considerado más probable en este tipo de cultivos, hay también buen número de ejemplos de éxitos en los sistemas de cultivos arables.

Parasitoides como Agentes de Control Biológico

El término "parasitoide" fue usado por primera vez por Reuter en 1913 para referirse y describir el grupo de insectos que se desarrollan como larvas en los tejidos de otros artrópodos a los cuales terminan matando (Waage & Hassel, 1982); Doutt (1959) en una revisión sobre la biología de los himenópteros parásitos establece que, a pesar de que hay mucha justificación para usar el término parasitoide, este no ha sido adoptado ampliamente y es usado indistintamente intercambiándolo con el término parásito por las autoridades en este campo. Sin embargo, durante los últimos 15 años ha sido más frecuentemente usado a nivel mundial debido a que en los años 80 fue adoptado oficialmente por instituciones como el Instituto Internacional del Control Biológico de CABI, en sus publicaciones y aquí en Colombia Entidades como Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Corpoica y la Sociedad Colombiana de Entomología, Socolen, han hecho lo propio.

Los parasitoides difieren de los verdaderos parásitos en que aquellos, invariablemente matan sus huéspedes cuando completan su desarrollo, mientras que los segundos, pueden vivir por varias generaciones alimentándose del huésped sin cuasar su muerte.

La forma de vida de un parasitoide se puede resumir así: la hembra adulta busca activamente por los huéspedes, deposita los huevos mediante el ovipositor dentro, sobre o en los alrededores del huésped. El huevo eclosiona y emerge la larva que empieza a alimentarse de los tejidos del huésped y pasa a través de varios estados o instares dentro del huésped como endoparasitoide o sobre él como ectoparasitoide. En los parasitoides solitarios se desarrolla solo un individuo por cada huésped mientras que los gregarios pueden desarrollarse en grupos originados de huevos puestos durante una o más oviposiciones.

Una cantidad de terminología considerable ha sido propuesta para tratar de especificar y categorizar las diferentes formas en las cuales los parasitoides expresan su relación con los huéspedes, diferencias en rango de huéspedes, tipos de huéspedes y naturaleza de su desarrollo. Algunas de las categorías propuestas son:

Parasitoide primario. El caso en el cual una especie de parasitoide se desarrolla en, o sobre huéspedes no parásitos, estos huéspedes pueden ser fitófagos, saprófagos, coprófagos, poliníferos, fungíferos o depredadores pero en ningún caso parasitoides.

Hiperparasitoide. Es un parasitoide que se desarrolla en otros parasitoides. Puede haber más de un nivel de hiperparasitismo en este tipo de relación (hiperparasitoides secundarios, terciarios...).

Endoparasoitoide. Es un parasitoide que se desarrolla dentro del cuerpo del huésped. Hay dos categorías:

- **Endoparasoitoide solitario**, es cuando solo una larva completa su desarrollo en un huésped dado.
- **Endoparasoitoide gregario**, es cuando varias larvas se desarrollan completamente dentro de un solo huésped.

Ectoparasoitoide. Esto ocurre cuando un parasitoide se desarrolla externamente sobre el huésped. Como con los endoparasitoides, también en este caso hay ectoparasitoides solitarios y gregarios.

Parasitismo múltiple. Este fenómeno ocurre cuando más de una especie de parasitoide se presentan simultáneamente dentro o sobre un solo huésped.

Superparasitismo: Ocurre cuando más individuos del número que puede desarrollarse, de una especie de parasitoide determinada ocurren en un solo huésped.

Cleptoparasitismo. Este caso ocurre cuando un parasitoide ataca un huésped que ya ha sido parasitado por otra especie de parasitoide.

Adelphoparasitismo. Este raro fenómeno ocurre cuando una especie se parasita a sí misma, como en el caso de ciertas especies de Aphelinidos en los cuales, los machos se desarrollan como parasitoides de las hembras de su propia especie.

El fenómeno en el cual los machos y las hembras de una especie de parasitoide tiene diferente relación parasítica con su huésped, fue identificado y descrito por Flanders en 1937 (Doutt, Annecke & Tremblay, 1976) y a él se han referido desde entonces, en diferentes formas, muchos autores (Flanders 1959, Zinna 1961, 1962, Ferviere, 1963). Pero una de las más recientes denominaciones es la de hyperparasitoides heteronomicos propuesta por Walter en 1983, en la cual clasifica y explica el fenómeno en la familia Aphelinidae. En esa clasificación las especies cuyos machos siempre se desarrollan en individuos de su misma especie, en cualquiera de los dos sexos, se llaman "**autoparasitoides obligados**", especies cuyos machos son parasitoides en individuos de otra especie o de su propia especie se describen como "**autoparasitoides facultativos**", mientras que las especies cuyos machos siempre se desarrollan en otras especies diferentes a la propia se llaman "**alloparasitoides**".

Haeselbarth, (1979) clasifica los parasitoides en dos grupos: si se producen en huéspedes que continúan su desarrollo después de que el huevo del parasitoide ha sido depositado en él o nó; los primeros se llama "**parasitoides koinophíticos**" y los segundos "**parasitoides idiophíticos**". Pero Askew & Shaw, (1986) prefieren utilizar los términos "**koinobiontes**" e "**idiobiontes**" para las mismas dos categorías.

En cuanto a la producción de huevos, las hembras se clasifican como: **Proovigenicas**, cuando al emerger del pupario, vienen con su carga o dotación completa de huevos que van a depositar en toda su vida, y prácticamente listos para ser depositados. Estas hembras en general no tienen periodo de preoviposición y en muchos casos, ni siquiera requieren alimentarse y su tiempo de vida como adultos es relativamente corto. **Sinovigénicas**, cuando los huevos se producen y maduran durante el estado adulto. Las hembras de este tipo requieren alimentarse para producir los huevos, presentan periodo de preoviposición mientras maduran los primeros huevos, y el tiempo de vida de esta hembras es mas largo comparado con las proovigenicas.

Características de un Enemigo Natural Efectivo

Hay muchos factores que pueden influir en la relación huésped-parasitoide o depredador-presa y determinar el nivel de acción del enemigo natural y por esto el éxito o fracaso de un programa de control biológico. Durante el desarrollo del este Curso-Taller, se profundizará en el estudio y comprensión de esta relación y los factores que influyen en ella, los cuales se clasifican así:

- Factores abióticos tales como la temperatura, la humedad y la luz. Una buena característica de una especie sería la adaptabilidad a cambios físicos del medio ambiente o sea a factores abióticos.
- Factores bióticos tales como la especie y condiciones de la planta huésped, la cualidad de la especie estaría en atacar al huésped sobre diferentes especies de planta.
- Características biológicas intrínsecas.
 - Buena sincronización con el huésped
 - Especificidad en el huésped
 - Habilidad para sobrevivir períodos libres de huésped
 - Habilidad para responder a cambios en la densidad del huésped y a la propia (respuestas funcionales y numéricas, agregación, interferencia, alta capacidad de búsqueda y corto tiempo de manipuleo)
 - Buen potencial reproductivo expresado por una fecundidad alta y un ciclo de vida corto.
 - Facilidad para la cría masiva. Esta característica es útil principalmente en programas de liberación inundativa o inoculativa.

Es importante tener en cuenta que estos atributos son necesarios para un buen agente de control, pero claramente no son suficientes ni tampoco son todos indispensables y su valor o importancia no es absoluta sino relativa comparados con los valores de otros enemigos naturales.

Control Biológico y Conservación

La introducción y establecimiento permanente de una especie exótica en un ecosistema, lo cual constituye el concepto fundamental del "control biológico clásico", es de por sí una pesadilla para los conservacionistas. Una desventaja potencial del control biológico, y argumento en cierta forma válido, de los conservacionistas es que el agente exótico introducido para el control de plagas, puede cambiar hacia las especies nativas y limitar su población. Un agente de control biológico una vez ha sido introducido y establecido en un país, será tan difícil eliminarlo como puede ser eliminar la plaga por otros medios. Desde este punto de vista el control biológico es un proceso irreversible con posibles implicaciones para la estructura del ecosistema y sus especies nativas.

El uso desastroso de vertebrados generalistas como agentes de control en los primeros días del control biológico, ha persistido a través de los siglos en la mente del público y es causa de oposición continua al método del control biológico. Persiste la noción en el público de que el agente de control se puede convertir en una nueva plaga, una vez este ha eliminado la plaga contra la cual ha sido liberado. Por otra parte, existe una gran aversión a la presencia de organismos extraños en un medio ambiente, consecuencia quizá del progreso de la investigación en ingeniería genética y juntos estos temores pueden constituir un nuevo desafío al desarrollo del control biológico. En el control biológico moderno estos temores parecen infundados ya que los agentes de control, parasitoides o depredadores no pueden reemplazar en su rol ecológico al insecto plaga o maleza contra la cual han sido liberados, debido a su especificidad que es determinada entre otros, por factores fisiológicos y coevolutivos. Sin

embargo, lo que perjudica la imagen del control biológico en los tiempos modernos son los casos que se manejan sin la debida investigación básica e información científica sobre estos aspectos.

Como ejemplo de estos errores podríamos mencionar en Colombia, el caso de la "hormiga loca". Parece que a finales de la década de los sesenta fue introducida al país procedente del Brasil la hormiga depredadora *Paratrechina fulva* (Mayr) con el propósito de controlar la hormiga arriera, culebras y quizá algunos pequeños vertebrados indeseables en algunas fincas. Hoy en día este insecto conocido como "hormiga loca" se ha dispersado a casi todo el país y constituye una de las plagas agrícolas más importantes en las zonas donde se ha establecido, debido no a su acción directa sobre las plantas, sino a sus relaciones ecológicas con otros insectos plagas.

Finalmente, debo mencionar que la legislación más reciente sobre conservación en los países desarrollados tiende a prohibir la introducción de nuevas especies en los ecosistemas. Es así como un acto legislativo del Parlamento Inglés en 1981 sobre la vida silvestre y áreas rurales, establece que en la Gran Bretaña es una ofensa contra el Estado liberar organismos exóticos a menos que sea aprobado por una licencia especial.

En los Estados Unidos las nuevas leyes que tienen que ver con el medio ambiente también afectan el control biológico. La preocupación norteamericana en esta área es una curiosa mezcla de la preocupación por las especies en peligro y los temores recientes por la introducción en el ambiente de las especies producidas por ingeniería genética. Un acto legislativo en el Congreso de los Estados Unidos sobre el Control Biológico y Biotecnología, regula estrictamente la liberación de organismos exóticos en el ambiente, y se entiende por organismos exóticos no solo los que vienen de otro país, sino también los que contienen una nueva combinación genética en su genoma. Ambos deben ser tratados de la misma manera.

Bibliografía para Consulta

- Askew R. R. & Shaw, M. R. 1986. Parasitoid communities: their size, structure and development. *In*: Insect parasitoids (de J. Waage & D. Greathead), pp. 225-264. London; Academic Press.
- DeBach, P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. London; Chapman and Hall.
- Doutt, R.L. 1959. The biology of parasitic Hymenoptera. *Annual Review of Entomology* 4, 161-182.
- Doutt, R.L. 1964. The historical development of biological control. *En*: Biological control of insect pest and weeds, Chapter 2. Ed. P. DeBach. Chapman & Hall: London. 21-42
- Doutt, R.L.; Annecke D.P. & Tremblay E. 1976. Biology and host relationships of parasitoids. *In*: Theory and practice of biological control Ed. C.B. Huffaker & p.s. Messenger, Academic Press. New York; 143-168
- Fisher, T.W. and Andrés, L.A. 1999 Quarantine. Concepts, Facilities, and Procedures. *In*: Handbook of Biological Control. Chapter 6. Ed. Thomas S. Bellows & T.W. Fisher. Academic Press USA. 103-124
- Flanders, S.E. 1959. Differential host relations of the sexes in parasitic Hymenoptera. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2, 125-142
- Greathead, D.J. 1986. Parasitoids in classical biological control. *In*: Insect Parasitoids ed. J. Waage & D. Greathead. London, Academic Press. , 290-318
- Greathead, D.J. & Greathead, A.H. 1992. Biological control of insect pest by insect parasitoids and predators: the BIOCAT database, *Biological News and Information* 13, 61N-68N
- Greathead, D.J.; Waage, J.K. 1983. Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. World Bank Technical Paper No. 11. 44pp.

- Huffaker, C.B.; Dahlsten, D.L. 1999. Scope and Significance of Biological Control. In: Handbook of Biological Control. Chapter 1. Ed. Thomas S. Bellows & T. W. Fisher. Academic Press. USA. 1-16.
- Jervis M. and Kidd, N. 1996. Insect natural enemies practical approaches to their study and evaluation. School of Pure and Applied Biology. University of Wales, Cardiff UK. Chapman & Hall. London. 491 pp.
- Julien, M. and White, G. 1997. Biological Control of Weeds: theory and practical application. ACIAR Monograph. NO.46 190 pp.
- Orozco, H.J. 1993. El Control Biológico de la Broca en América. En: XX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen) Memorias julio 13, 14,15 y 16 de 1993 Cali, Colombia p. 125-136.
- Reuter, O. M. 1913. Lebensgewohnheiten und Instinkte der Insekten. Berlin; Friedlander.
- Unruh, T.R., & Woolley, J.B. 1999. Molecular Methods in Classical Biological Control. En: Handbook of Biological Control. Chapter 4. Ed. Thomas S. Bellows & T.W. Fisher. Academic Press USA. 57-86.
- Van Lenteren, J.C.; Nell, H.W. & Sevenster, van der Lelie, L.A. 1980. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IV Ovipositional behaviour of the parasite with aspects of host selection host discrimination and host feeding. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 89, 442-454.
- Waage J. K. & Hassel, M.P. 1982. Parasitoids as biological control agents a fundamental approach. Parasitology 84, 241-268.
- Waage, J.K. & Greathead, D. J. 1988. Biological control: challenges and opportunities. In: Biological control of pests, pathogens and weeds: development and prospects. (de. R.K.S. Wood & M.J. Way). Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. 318, 111-128.
- Walter G.H. 1983. Divergent male ontogenies in Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea); a simplified classification and a suggested evolutionary sequence. Biological Journal of the Linnean Society 19(1), 63-82.
- Zinna, G. 1961. Ricerche sugli insetti entomofagi. II. Specializzazioni entomoparassitica negli Ahelinidae: Studio morfologico, etologico e fisiologico del *Coccophagus bivittatus* compere nuovo parassita del *Coccus hesperidum* L. per l'talia. Bolletino del Laboratorio di Entomologia agraria 'Filippo Silvestri', Portici 19, 301-358.
- Zinna, G. 1962. Ricerche sugli insetti entomofagi. II. Specializzazioni entomoparassitica negli Ahelinidae: Interdipendenze biocenotiche tradue specie associate. Studio morfologico, etologico e fisiologico del *Coccophagoides similis* (Masi) e *Azotus matritensis* Mercet. Bolletino del Laboratorio di Entomologia agraria 'Filippo Silvertri', Portici 20, 73-182.
- Zwölfer, H. et al 1976. Foreign exploration and importation for natural enemies. In: Theory and practice of biological control (de. C.B. HUFFAKER & p.s. Messenger), pp. 189-207. New York; Academic Press.