

UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENFUEGOS"
FACULTAD DE AGRONOMIA

**Título: Manejo Integrado de Plagas en el cultivo
de la papa *Solanun tuberosun*.**

**Autores: Olga Lidia Macías Figueroa
Nadir Vanesa Meneses Flores**

**E-mail: olga.macias@umcc.cu
nadir.vanessa@infonet.umcc.cu**

-2007-

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es un cultivo de amplia aceptación para el consumo de la población en Cuba; considerado de alta tecnología por los grandes recursos que se destinan a su producción anualmente.

El nivel de atención técnica permite obtener rendimientos promedios entre 17 y 20 ton/ha y los costos de una hectárea alcanzan 3100 pesos (Precodepa, 1994). La producción de alimentos debe llevarse a cabo y aprovechando al máximo los conocimientos y las tecnologías disponibles, sin embargo uno de los principales factores limitantes de la producción agrícola y de la calidad de la cosecha lo constituyen las plagas y enfermedades, las cuales atacan a los cultivos desde que las plantas inician su crecimiento, hasta su cosecha y aun en su almacenamiento.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP), ha sido considerado como una solución promisoriosa de los problemas causados por los insectos, dentro de la perspectiva de una agricultura sostenible.

En el manejo integrado se establecen y orientan las estrategias y técnicas que deben utilizarse, señalando la necesidad de integrar cada vez más los métodos de lucha que interaccionen con el ecosistema. Practicar la agrotecnia más adecuada, donde se destacan: realizar siembras en los calendarios óptimos, utilizar las variedades más productivas y resistentes, mantener actualizado el riego y la fertilización del cultivo y la maquinaria de aspersión en su óptimo estado. El MIP se fortalece con acciones legales relacionadas con la calidad de la semilla importada y nacional, y otras disposiciones, así como la necesidad de conocer y utilizar en función de la producción el papel de cada insecto benéfico y parasitoide. Se destaca la importancia de la biodiversidad y de trabajar por ella en acciones prácticas que contribuyan a mejorar el ambiente disminuyendo la carga tóxica.

Numerosos estudios básicos y aplicados se han realizado sobre las principales plagas de la papa en Cuba que incluyen a los pulgones *Myzus persicae* (Jiménez, 1980), *Aphis frangulaeiae gossypii* (La Rosa, 1993), el minador de las hojas *Liriomyza trifolii* (Murguido y Plá, 1992), el ácaro blanco *Poliphagotarsonemus latus*, el nemátodo *Meloidogyne spp.* (Fernández, 1995), diversas malezas (Labrada, 1982) y un grupo importante de enfermedades fungosas (*Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*) (Rodríguez y Gómez, 1989). Estas investigaciones han posibilitado fundamentar diversos métodos de lucha para la producción de papa en el país.

El objetivo del presente trabajo es brindar una panorámica haciendo un enfoque del control de un grupo de plagas y enfermedades importantes en el cultivo de la papa a través de un Sistema de Manejo Integrado.

Conceptos de Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El término “protección integrada” surge a finales de la década del 50 y ha ido evolucionando a lo largo de los años. En un principio se definió como un sistema de control de plagas aplicado, combinando e integrando el control

biológico y el químico; este último utilizado por considerarse necesario, pero en forma que resulte lo menos perjudicial para el control biológico.

En 1967, la FAO lo define como un sistema de regulación de las poblaciones de los diferentes agentes nocivos que, teniendo en cuenta su medio ambiente particular y la dinámica de las poblaciones de las especies consideradas, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de forma compatible, a fin de mantener las poblaciones de estos agentes nocivos en unos niveles que no causen daños económicos.

La Organización Internacional de Lucha Biológica (O.I.L.B) en 1977 propuso la siguiente definición: procedimiento de lucha contra los organismos nocivos que utiliza un conjunto de métodos que satisfagan a la vez las exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas, dando prioridad a la utilización de factores y elementos naturales de limitación, respetando los umbrales de tolerancia.

Por último, la Comunidad Económica Europea (CEE) define en 1991 el Manejo Integrado como la aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, de cultivo o de selección de vegetales de modo que la utilización de productos fitosanitarios químicos se limite al mínimo necesario para mantener la población de la plaga en niveles inferiores a los que producirían daños o pérdidas inaceptables desde un punto de vista económico.

El concepto de Manejo Integrado de Plaga (MIP), que considera este sistema de combate como una estrategia y no una técnica o metodología, se basa en ciertos principios que combinan el uso de dos o más técnicas o métodos en tiempo y espacio para el manejo eficiente y económico de una o más plagas considerando la protección y conservación de los agroecosistemas (Candanedo, 1995) define el manejo integrado de plagas como "La utilización de varias técnicas de manera ecológicamente compatible, con el objetivo de mantener poblaciones de artrópodos, patógenos, nemátodos, malezas y otras plagas, en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico, al mismo tiempo que aseguran protección contra daños al hombre y al medio ambiente".

El manejo integrado de plagas implica, por tanto, la consideración simultánea de tres niveles del ecosistema agrícola: 1) el propio cultivo, 2) las plagas asociadas a ese cultivo, y 3) los organismos antagonistas de las plagas, es decir, sus enemigos naturales, formados principalmente por lo que se llama la fauna útil o fauna auxiliar. A nivel práctico, se hace necesario para una correcta aplicación de este sistema, un mayor soporte técnico basado en estudios completos de los diferentes parámetros de la zona en cuestión o su adaptación a la misma.

Los fundamentos que definen la Protección Integrada son:

1 Además de considerar la plaga objetivo a tratar, es preciso plantearse como influyen nuestras actuaciones en el agroecosistema, es decir, tiene en cuenta el medio ambiente.

2 No pretende eliminar la plaga sino mantenerla por debajo de umbrales de tolerancia previamente fijados.

3 Utiliza una serie de técnicas culturales, varietales, mecánicas, químicas y sobre todo biológicas, dando prioridad siempre a los procedimientos no químicos.

4 Sólo se justifica la aplicación de medios de control químico cuando el nivel de plaga sobrepasa un umbral de tolerancia económica.

5 Los medios de lucha empleados no deben impedir, dentro de lo posible, la acción de los factores naturales de mortalidad de la plaga.

6 El método de lucha debe proteger adecuadamente el cultivo y permitir la obtención de cosechas rentables.

Bajo la denominación de Protección Integrada se llevan a cabo, muchas veces, programas que no cumplen totalmente los principios del mismo, aunque sí realizan una primera fase: desarrollar planes de lucha química dirigida o racionalizada (cuya finalidad es reducir los tratamientos en un 50% o utilizar productos selectivos) y no hacen hincapié en métodos de lucha biológica o aquellos derivados del manejo del cultivo. El sistema en el que se basa la Protección Integrada consiste en una estimación de riesgos, de acuerdo con el estado de desarrollo del cultivo y del período crítico de daños. La estimación del riesgo se debe realizar a nivel de parcela o unidad cultural común, con lo que se evalúa el riesgo real de daños.

Para estimar el riesgo es necesario disponer de unos métodos y técnicas de muestreo suficientemente contrastadas con el fin de realizar un seguimiento de las poblaciones que nos interesan. Este seguimiento, a ser posible, será tanto fenológico (para saber el momento de actuar) como cuantitativo (para saber si se debe actuar o no).

Las técnicas de muestreo son diversas, desde un conteo visual siguiendo determinado método operativo (órganos a examinar, número, época, etc.) hasta métodos de captura con trampas sexuales, alimenticias, conteos de oviposición, etc., pasando por precisas observaciones meteorológicas diarias.

Principios del Manejo Integrado de plagas

1) El concepto del umbral o límite económico y nivel de daño económico son los fundamentos de cualquier programa de manejo de plagas. Para la determinación del nivel de daño económico de una plaga, se requiere distinguir entre su mera presencia en un cultivo y la densidad de población que ocasionará una pérdida de calidad o cantidad en el producto. El desconocimiento de estos conceptos constituye la causa de que continuamente se apliquen plaguicidas sin necesidad.

Establecer los niveles económicos para llevar a cabo la decisión del uso de plaguicidas permite reducir la presión de los agroquímicos sobre los ecosistemas y, de esta forma, contribuir a la sustentabilidad de los recursos naturales, a la conservación del medio ambiente y a una disminución en los costos de producción. Por tanto, la presencia de un organismo perjudicial no justifica necesariamente una acción destinada a controlarlo.

2) El ecosistema es manejado como una unidad, por lo que debe tener conocimiento de las acciones o interacciones de los componentes del agroecosistema.

3) Utilizar al máximo el control natural. En el manejo integrado de plagas, se enfatiza la utilización al máximo del control natural, esto es, de los factores

limitantes y reguladores (parásitos, depredadores, medio ambiente, etc.) presentes en el ecosistema, con los cuales puedan regularse las poblaciones de plagas.

4) Establecer técnicas de monitoreo y frecuencia de muestreo. Las técnicas de muestreo proveen de información necesaria para determinar el constante cambio en la población (fluctuación poblacional). Lo anterior es esencial en el sistema de manejo de plagas ya que éste no puede operar si no se dispone de estimaciones precisas de las densidades de población de la plaga y de sus enemigos naturales o sin estimaciones confiables del daño que sufren las plantas y su efecto sobre el rendimiento. Así mismo la frecuencia del muestreo dependerá de la capacidad reproductiva de la plaga y de las condiciones climáticas óptimas que arrojaran datos sobre la actividad de la plaga y señalará las acciones que deben realizar para el control.

5) Ante situaciones emergentes, se requiere buscar alternativas de control que causen el mínimo daño ecológico, La utilización de plaguicidas es una parte importante del control integral de plagas, los cuales son productos que aún en los sistemas modernos de manejo integrado de plagas se considera que, si bien no deben ser la parte central de dichas estrategias, son de importancia fundamental en la supresión de la densidad de insectos nocivos cuando ésta sobrepasa los umbrales económicos, programando un buen uso y manejo de productos selectivos para lograr los efectos esperados sobre las plagas y afectar los ecosistemas lo menos posible.

Causas que limitan la adopción de Programas de Manejo Integrado

A pesar de que el Manejo Integrado es, posiblemente, el sistema que aporta las soluciones más óptimas a los problemas que supone el control de plagas en la agricultura, su puesta en marcha se viene realizando con manifiesta lentitud, por lo menos en España han sugerido varias explicaciones a esta realidad:

1. La base teórica es débil. La Ecología constituye la base disciplinar del Manejo Integrado. Desafortunadamente, la Ecología Agrícola ha tenido, en general, un escaso desarrollo, lo que ha condicionado, a menudo, la investigación en Manejo Integrado.

2. El conocimiento de nuestros ecosistemas agrícolas es insuficiente. Un programa eficaz de Manejo Integrado implica un buen conocimiento de los componentes y del funcionamiento del agroecosistema a proteger. Este no es el caso de la mayoría de los países, debido a múltiples causas: número insuficiente de investigadores, un cierto desprestigio de tal tipo de investigación en el mundo oficial de la cultura (más atraído por los descubrimientos de las denominadas “nuevas tecnologías”), una absurda división de la investigación entre el sector básico y el aplicado, la falta de multi- disciplinaridad, etc.

3. Existe un mayor grado de riesgo a corto plazo. Las dos primeras causas mencionadas, junto con el comportamiento oscilatorio de los componentes de cualquier sistema biológico, obligan a asumir relativamente más riesgos que en técnicas basadas en el uso de plaguicidas. Los resultados son a corto plazo imprevisibles, aunque a largo plazo los programas de Manejo Integrado resulten económicamente más beneficiosos. Una mentalidad conservadora o la imposibilidad de financiar pérdidas a corto plazo por parte de los pequeños empresarios, limitan la adopción rápida de técnicas de Manejo Integrado.

4. Falta de publicidad y promoción. Las técnicas de Manejo Integrado son, con frecuencia, difícilmente comercializables (la conservación de un enemigo natural, la introducción o corrección de una práctica cultural, el uso de productos naturales no patentables, etc.) lo que les hace poco atractivos para las empresas comerciales y es, por tanto, la Administración Pública quien debería dar publicidad y promocionarlas. Estas son tanto más importantes cuanto menos aparente es la eficacia de la técnica que se quiere introducir, como es el caso, en ocasiones, del Manejo Integrado. Es necesario hacer ver al agricultor que el empleo de ciertas técnicas ha permitido controlar con eficacia una determinada plaga.

5. El agricultor posee una formación técnica insuficiente. Los programas de Manejo Integrado obligan a realizar observaciones y a tomar datos de las poblaciones de plagas y del propio cultivo, por lo que el agricultor debe de poseer un mínimo grado de formación técnica o, en su defecto, será necesaria la contratación de técnicos especialistas.

6. La transferencia de los resultados de la investigación es poco ágil. El Manejo Integrado exige que los resultados que se producen en la investigación sean transferidos correctamente y con rapidez a escala comercial y recíprocamente. Es necesaria una buena correlación entre quien investiga, desarrolla, transfiere y aplica el Manejo Integrado.

PLAGAS CLAVES EN EL CULTIVO DE LA PAPA

<u>Nombre Común</u>	<u>Nombre Científico</u>	<u>Lugar que Ataque</u>	<u>Otro</u>
Salta Hoja	Empoasca sp.	Hojas - injerta toxina cuando esta chupando por las hojas. Transmite microplasma de escoba de bruja	Síntomas: Hojas amarillas por los lados Umbral: 1-2 / hoja Control: Insecticidas sistémico Puede ser muy dañosa en la fase inicial y transmitir escoba de bruja
Mosca Blanca	Trialeurodes vaporariorum	Hojas - transmite virus de enrollamiento de las hojas y otros mosaicos	Síntomas: no tiene, la transmisión de virases es el problema. La papa puede aguantar muchas moscas blancas si no esta guardando semilla para otra siembra. Los virus no mucho afecta la siembra actual. Umbral: Si esta guardando semilla - 1 por 10 plantas. Si no esta guardando semilla - 10 -20 por planta Control: insecticidas sistémico
Afidos	Myzus persicae Macrosiphum euphorbiae	Hojas - transmite virus de enrollamiento de las hojas y otros mosaicos	Síntomas: no tiene, la transmisión de virosis es el problema. La papa puede aguantar muchas moscas blancas si no esta guardando semilla para otra siembra.

			Umbral: Si esta guardando semilla - 1 por 10 plantas. Si no esta guardando semilla - 10 -20 por planta. Control: insecticidas sistémico o piretroides
Polilla de la Papa Minadores de la Hoja	Phthorimaea operculella	Forma galerías en las hojas Tubérculos-perforan hoyos	Puede ser muy dañoso. Frío favorezca. El clima de valle de San Juan puede controlarlo Controlarlos con insecticidas sistémico
Gusano de la Cebolla	Spodoptera sp.	Perforan hoyos por las hojas	Casi siempre el daño no es significativo Control: piretroides
Cotorrita	Diabrotica sp.	Hojas - perforan hoyos por las hojas	El daño muchas veces no son significativas. Umbral: hojas con 25-35 % de su área comido Control: muchos insecticidas
Majoca Gallina Ciega	Phyllophagas sp.	Semilla y tallos	El daño es en el tiempo de nacer. Comen los tallos y brotes. Si hay mucho problemas en un campo usar un insecticida granula al tiempo de sembrar. Solo aplica si hay una historia de problemas en un campo











PRINCIPALES ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE LA PAPA

<u>Nombre Común</u>	<u>Nombre Científico</u>	<u>Tipo</u>	<u>Otro</u>
Tizón Tardío	Phytophthora infestans	Hongo	Enfermedad más seria en el mundo de papa. Puede matar una plantación en 7 - 10 días. Humedad, lluvia y nueva hojas bien sana favorezca. Síntomas: lesiones café o negro indistinto por las hojas o tallos con amarillo alrededor. Hay un velloso blanco cuando hay humedad Control: Fungicidas preventivos. Hay que aplicar antes que cierra la plantación y monitoreo bien. Hay que aplicar fungicidas cada 5 - 7 días si presenta el hongo. No sobre aplicar riego ni nitrógeno.
Tizón Temprano	Alternaría solani	Hongo	Similar al tizón temprano pero no es tan serio. Plantas o hojas en madurez favorezca. Síntomas: lesiones redondo quemado en forma circulo. Control: fungicidas preventivos especialmente en ultiman etapa. Buenas niveles de nitrógeno por la planta.

			Aplicando nitrógeno puede controlar.
Bacteriosis	Clavibacter michiganensis	Bacteria	<p>Transmite por semilla. Muy serio y infecciones alto incidencia pueden perder la cosecha</p> <p>Síntomas: Hojas con amarillo entre la nervadura al ultiman etapa. Tubérculos pudrición al principio por el anillo vascular y después todo el tubérculo.</p> <p>Control: semilla sana. Fácil a transmitir - desinfectar equipo entre campos infectados</p>
Pata Negro	Erwinia carotovora	Bacteria	<p>Algo común. Transmite por semilla</p> <p>Síntomas: Plantas o hojas amarillo, marchites y muriendo con el tallo negro cerca del suelo.</p> <p>Tubérculo: pudrición liquido que comienza adentro hacia afuera.</p> <p>Control: Semilla sana.</p>
<p>Pudrición Seca</p> <p>Pudrición de la semilla</p>	Fusarium sp.	Hongo	<p>Etapa de siembra: no nacen la semilla y la semilla esta podrido. Siembra semilla bien brotado en suelo no muy mojado</p> <p>Etapa de almacenaje: una pudrición seco por los tubérculos. Entra por heridas en tiempo de cosecha. Control es una cosecha con cuidado y cosecha solo tubérculos maduros.</p>
Madurez Prematura	Complejo hongos de Verticilium, Pithium Fusarium	Hongo	<p>Síntomas: plantas amarillas y muriendo temprano.</p> <p>Control: Buena rotación de cultivos. Un buena manejo del cultivo por plantas fuerte</p>
Pudrición mojado de la Papa	Pithium Phythophothora Erythroseptica	Hongo	<p>Síntomas: Pudrición mojado que comienza desde afuera hacia adentro. Parece que la papa es mojado. Tiene mala olor.</p> <p>Control: No sobre aplicar riego especialmente en ultimo etapa.</p>
Mosaico	PVY PVX PVS	Virus	<p>Síntomas: Hojas amarillas (pero solo poco en partes), arrugadas y brillante.</p> <p>Control: Semilla sana y controlar los áfidos</p>
Enrollamiento de las hojas	PLRV	Virus	Síntomas: Plantas con hojas enrolladas hacia arriba. Plantas amarillo y pequeños.

			Control: Semilla sana y controlar los áfidos.
Escoba de Bruja		Microplasma	Transmite por empoascas. Síntomas: Hojas pequeñas y arrugadas. Control: Semilla sana y controlar los empoascas
Rhizoctonia	Rhizoctonia solani	Hongo	Síntomas: lesiones café por el tallo abajo la tierra. Estrangulamiento del tallo. Control: Buena manejo de agua en fase principal y no dañar los plantas pequeños con desyerbar. No sobre aplicar riegos en fase principal.

Imágenes de Plagas y Enfermedades

				
Pata Negra (Erwinia)	Bacteriosas por la Hoja (Clavibacter michiganensis)	Bacteriosas por el Tubérculo	el	Pudrición Seca (Fusarium)
				
Tizón Tardío	Tizón Temprano	Mosaico		Enrollamiento de las Hojas
				
Afidos	Salta Hoja (Empoasca)	Polilla de la Papa		Mosca Blanca

PRINCIPALES MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA PAPA

Sorghum halepense.	Don Carlos.
Cyperus rotundus.	Cebolleta.
Amarantus spp.	Bledos.
Euphorbia heterophylla	Lechosa.
Portulaca oleracea	Verdolaga
Echinochloa colonum	Arrocillo
Rottboellia cochinchinensis	Zancaraña

ENEMIGOS NATURALES DE LAS PLAGAS DE LA PAPA

Tipo	Orden: Familia	Género/especie	Plagas
Depredadores	Coleóptera: Coccinelidae	Cycloneda limbifer Hippodamia convergens Coleomegilla cubensis Chilocorus cacti	Myzus persicae Aphis gossypii Aphis gossypii Aphis gossypii
Parásitos	Himenoptera: Braconidae Aphelinidae Pteromalidae Spaconidae Chalcidae Diptera: Tachinidae	Aphidius sp. Ephedrus sp. Apanteles sp. Lysiphlebus testaceipes Encarsia spp. Eretmocerus sp. Heteroschema sp. Opius sp. Trichogramma sp. Spp. indeterminadas	M. persicae, A. gossypii M. persicae, A. gossypii Spodoptera spp. A. gossypii Bemisia spp. Bemisia spp. Liriomyza trifolii Liriomyza trifolii Spodoptera exigua Spodoptera exigua
Entomopatógenos	Entomophthorales	Entomophthora aphidis	Myzus persicae

Confección del Manejo Integrado de Plagas

Un programa de MIP debe ser un paquete flexible, que manteniendo los principios básicos, permita la sustitución y/o inserción de nuevos componentes o desarrollos tecnológicos en su estructura para adaptarlo a distintas condiciones agroecológicas. Los paquetes de MIP deben ser diseñados de forma que disminuyan la cantidad de plaguicidas que se utilizan (frecuencia y dosis de aplicación), además de incorporar otros métodos alternativos de manejo, haciendo uso del monitoreo de plagas y umbrales de decisión. Así mismo, los paquetes flexibles de MIP deben tener en cuenta medidas de manejo de plagas no sólo durante la siembra y el cultivo, sino antes de la siembra y después de la cosecha (Candanedo, 1995).

Tomando en consideración todos los elementos básicos y conceptuales se diseñó el paquete flexible de MIP para las condiciones de Cuba que se presenta a continuación:

RECOMENDACIONES DE MIP EN EL CULTIVO DE LA PAPA

<u>Período</u>	<u>Objetivo</u>	<u>Organismo Nocivo</u>	<u>Indicador</u>	<u>Medidas</u>
Antes de la siembra	Selección del terreno o áreas MIP.	Nemátodos	-de 0 a grado 1. -grado 2 -grados superiores	-aceptar -laboreo -desechar
		Malezas	-índices del pronóstico	-laboreo -herbicida-pre-emergente
		Insectos y ácaros	-no colindancia -colindancia negativa. -colindancia obligada. -fecha de siembra. •Temprana. •Intermedia. •Tardía.	-aceptar -desechar -erradicar -aceptar -aceptar -desechar
		Enfermedades en General	-libre. -cuarentenado. -presencia de restos de cosecha. -fecha de siembra.	-aceptar -desechar -laboreo -ídem insectos y ácaros
Durante la siembra	Selección de la semilla	Nemátodos	-sanos. -cuarentenados.	-aceptar -desechar.
		Otros Patógenos	-nocividad en semillas.	-normas establecidas
Durante el cultivo	Medidas de lucha contra: Insectos y ácaros	Pulgones Defoliadores Ácaros Y Minadores	-plagueos semanales: -índices de la señalización. -parasitismo natural. <40% >40%	-señal de alerta. -señal de aplicación (química, tabaquina, biológica). -observar. -repetir observación. -no aplicar.
	Malezas	Diferentes especies de malas hierbas	- según estadio previsto por especie predominante. - grado de enmalezamiento según ciclo.	- herbicidas post-Emergente. - deshierbe manual o mecanizado.

	Enfermedad es foliares	Tizones de la papa	-índices del pronóstico -25-30 días de plantada, primeras manchas.	-señales de alerta y de aplicación. -aplicar fungicidas de contacto o sistémicos.
--	------------------------	--------------------	---	--

El manejo integrado de las plagas implica la administración cuidadosa de una variedad de técnicas de control de plagas que incluyen métodos biológicos, culturales y químicos apropiados para lograr los mejores resultados con el menor efecto en el medio ambiente. Gracias a estos, los agricultores están aplicando tecnologías de cultivo cada vez menos intensivos desde el punto de vista del uso de productos químicos, es decir, utilizan variedades de plantas que son directamente resistentes a las plagas, ajustan las temporadas de plantación, labranza baja y otras técnicas no químicas.

Gracias al manejo integrado de las plagas, los plaguicidas se usan sólo cuando las plagas alcanzan niveles de umbral económico, en lugar de asperjar de manera periódica. Los campos se exploran de manera rutinaria para controlar el nivel de las plagas. Otro componente del MIP que se utilizan es el control cultural, como por ejemplo, la rotación anual de los cultivos, policultivos, mecanismos de escape en espacio y tiempo para desalentar a las plagas y evitar que crezcan malezas, preparación de suelos y siembra en fecha óptimas etc.

Los controles biológicos utilizan organismos vivos para reducir la extensión de las plagas. Se incluye también el uso de insectos benéficos o predadores como los cascarudos y avispas parásitas para controlar a otros insectos que destruyen los cultivos; la colocación de feromonas o trampas de "perfume sexual" que interfieren en los ciclos de reproducción de los insectos, y la destrucción de las áreas donde anidan las plagas, lo que se logra arando por debajo de los cultivos ya cosechados, o cubriendo el suelo del huerto con hojas secas. Las plantas resistentes a las plagas comunes se logran a través de la biotecnología alimenticia.

Control Cultural

Definición: "Prácticas culturales" se refiere al amplio grupo de técnicas u opciones de manejo que pueden ser manipuladas por productores agrícolas para lograr sus objetivos de producción de cultivos (Kennedy et al. 1975), son "manipulaciones del medio ambiente para mejorar la producción de cultivos." Por otra parte, "control cultural", es la alteración deliberada del sistema de producción, bien sea el sistema de producción en sí mismo o prácticas específicas de producción de cultivos, para reducir la población de plagas o evitar el daño de las plagas a los cultivos (Ashdown, 1977). Citado por (Ferro, 2007)

Mecanismos Funcionales

- 1) Impedimentos a la colonización del cultivo por la plaga
- 2) La creación de condiciones bióticas adversas que reducen la supervivencia de individuos o poblaciones de la plaga
- 3) Modificaciones del cultivo de tal forma que la infestación por la plaga resulte en un daño reducido al cultivo
- 4) Intensificar el efecto de los enemigos naturales por medio de manipulaciones del medio ambiente

Destrucción o suministro de refugios para apareamiento o hibernación

Muchas especies de enemigos naturales requieren fuentes de alimento en forma de polen, néctar o artrópodos inocuos que no están presentes en hábitats de cultivos particulares. Estos requisitos de alimentos se pueden suministrar para sostener poblaciones de enemigos naturales favoreciendo o desarrollando de manera deliberada ciertos hábitats de vegetación silvestre cerca de las siembras de los cultivos (Altieri y Letourneau, 1982).

Algunas veces una segunda especie de presa puede ser esencial para que un enemigo natural sobreviva en una región de año a año. Uno de los ejemplos mejor documentados se basa en investigación de Douthett y Nakata (1965) con *Anagrus epos* (Hymen.), un parásito de huevos del saltahojas de la vid, *Erythroneura elegantula*. El saltahojas de la vid es la principal plaga de las uvas en el Valle de San Joaquín de California. Esta avispa pasa el invierno en estado de huevo mientras que el saltahojas de la vid lo hace como adulto.

La avispa pasa el invierno en huevos del saltahojas de la mora, *Dikrella californica*, una especie que no es económica cuyos huevos están presentes durante todo el año en arbustos de moras silvestres (*Rubus ursinus* y *R. procerus*). Las poblaciones de avispas que pasan el invierno tienden a ser mayores en morales a lo largo de ríos que tienen un dosel de árboles para sombrío y protección. Cuando los morales producen nuevo follaje en febrero, es estimulada la oviposición intensa de los saltahojas *Dikrella*. La población del parásito aumenta enormemente en los huevos de modo que para finales de marzo y principios de abril hay una dispersión a gran escala de avispas de *Anagrus* recién producidas. Douthett et al. (1966) reportaron que viñedos situados dentro de un radio de 5.6 Km. de un refugio establecido de morales se benefician inmediatamente de los parásitos en migración. Los viñedos más allá de esta distancia rara vez fueron colonizados por avispas antes de mediados de la estación.

Se presumió que todo lo que uno necesitaba era establecer siembras de morales junto a los viñedos para sostener poblaciones de las avispas y de los saltahojas que no son plagas. Sin embargo, debido la falta del dosel de árboles que existen en sistemas naturales de morales a lo largo de los ríos y quebradas, las poblaciones de *Anagrus* nunca se establecieron de manera

permanente. Estos morales eran regados bajo el mismo régimen de los viñedos pero los morales requieren más humedad que las vides. Esto resultó en la desaparición de las poblaciones de *Dikrella*. La mora de California, *R. ursinus*, es una especie nativa que crece mejor en condiciones húmedas y sombreadas, mientras que *R. procerus*, la mora de los Himalayas, es endémica en toda Europa y crece bien tanto a la sombra como al sol. Cuando estas plantas se sembraron a la sombra y con alta humedad produjeron una población de *Dikrella* suficiente para mantener poblaciones de *Anagrus*.

Presentaron datos demostrando una correlación entre la dispersión de adultos de *Anagrus* a principios de la primavera desde huertos de ciruelo francés y parasitismo del saltahoja de la vid en viñedos cercanos. *Anagrus epos* estaba parasitando otra especie de saltahoja, *Edwardsiana prunicola* la cual se alimenta en ciruelos. Tanto la mora como el ciruelo francés ofrecen hospederos alternos para la avispa y son criaderos efectivos para producción de avispas de *Anagrus*.

La mayoría de las especies de áfidos en las áreas templadas de América del Norte pasan el invierno como huevos en su principal hospedero leñoso. El áfido verde del melocotonero (GPA), *Myzus persicae*, pasa el invierno en melocotoneros, cerezos silvestres y cierto número de otras especies de *Prunus*.

Rotación de cultivos o mantenimiento de una estación libre del hospedero

La rotación de cultivos interrumpe el ciclo de vida normal de insectos plagas colocándolos en hábitats en los cuales no hay hospederos. La rotación generalmente tiene más éxito contra especies de plagas artrópodos con ciclos de vida largos y que tienen capacidades de dispersión limitadas.

La rotación de cultivos interrumpe el ciclo de vida de los gusanos de la raíz, del norte (*Diabrotica longicornis*) y del oeste (*D. virgifera*), y en todo el cinturón maicero de los EEUU ambas especies pueden ser controladas de manera efectiva con la rotación. Esta táctica se ha visto comprometida en algunas áreas donde los gusanos de la raíz entran en diapausa por más de un año.

Escarabajos de las papas de Colorado (CPB) se pueden dispersar para colonizar nuevos campos; sin embargo, después que emergen del suelo ellos necesitan regenerar sus músculos del vuelo y no ovipositarán hasta que se hayan alimentado en una planta hospedera nutricionalmente aceptable. Entonces, sumando el proceso de colonización y el desarrollo fisiológico, un campo de rotación que fue rotado a una distancia tan corta como 200m del campo del año anterior puede ser colonizado 1-2 semanas después y generalmente a densidades de población más bajas que un campo no rotado. Esto economiza 1-2 aspersiones contra larvas de la primera generación. Y a menudo, empuja la mayor parte de la emergencia de los adultos de verano hasta después de Agosto 1 (interruptor de diapausa). Los escarabajos que emergen después de la inducción de la diapausa no producen músculos de vuelo ni un sistema reproductivo. Cuando se rota con maíz (dulce o de campo) donde se pueden formar grandes poblaciones de *Coleomegilla maculata*

(CMAC) que se alimentan de polen y áfidos, CMAC se mueve a los campos de papa a finales de la primavera o comienzos del verano para alimentarse de los huevos del CPB.

Labranza

Las operaciones de labranza usadas para producir un cultivo incluyen prácticas como voltear el suelo y enterrar residuos, preparación de las camas de siembra y cultivadas. Algunas formas de labranza pueden reducir la población de plagas indirectamente al destruir vegetación silvestre (malezas) y plantas voluntarias de cultivo en y alrededor de los hábitats de producción de cultivos.

Momento de la siembra o de la cosecha

Alteraciones en las fechas de siembra y de cosecha frecuentemente pueden resultar en que las plantas escapen de infestaciones dañinas de plagas.

Siembras demoradas

Papas sembradas tarde (emergencia >15 de junio) en Massachusetts en campos no rotados sufren menos daño que las de fechas de siembra convencionales (emergencia de plantas antes del 15 de junio). Los escarabajos CPB que han pasado el invierno permanecen en el campo por unos 5-7 días después de su emergencia del suelo y, si no hay presentes plantas hospederas, los CPB abandonan el campo volando. Entonces, 90% de la población que pasó el invierno emerge a comienzos de junio, y si el campo sembrado tarde solo es colonizado por una pequeña proporción de esta población. Como la oviposición ocurre tarde, adultos de la primera generación no emergen hasta después de la inducción de la diapausa (agosto 1), resultando en una sola generación de larvas que controlar.

Cultivos trampa.

Los monocultivos a menudo sufren un daño más severo por causa de las plagas que cuando los mismos cultivos están situados en un área con diversidad de cultivos. Sin embargo, hay casos en los cuales tal diversidad puede agravar los problemas de plagas. Este es la situación en la cual los cultivos trampa pueden ser importantes.

Una gran proporción (>70%) de los escarabajos de las papas de Colorado pasan el invierno en hábitats no cultivados adyacentes a campos de papa. El movimiento de los escarabajos a partir de esos sitios de hibernación para colonizar campos de papa puede ser inhibido usando trincheras forradas en plástico en todo el perímetro del campo, o tratando los 6 metros exteriores del campo con un insecticida que mate a los escarabajos que llegan a colonizar. Las plantas del perímetro actúan de manera efectiva como cultivos trampa o como barreras. Se ha demostrado que la trinchera forrada en plástico tiene una efectividad de 84% en el control de estos escarabajos, mientras que campos tratados con el insecticida recientemente registrado, Imidacloprid, el control fue de 100% de los escarabajos. Como la población colonizadora ha sido reducida

a densidades bajas, entonces se puede usar insecticidas basados en *Bacillus thuringiensis tenebrionis* para manejar las larvas que se alimentan en el interior del campo.

Solarización del suelo

La solarización del suelo es un método preventivo que explota el calentamiento solar para eliminar las malezas y reducir así su emergencia. Este método es citado brevemente ya que es motivo de otro capítulo de esta publicación.

La alta temperatura del suelo, si dura lo suficiente, puede matar las estructuras reproductivas de las plagas, las enfermedades y las malezas. La solarización puede ser definida como una desinfección del suelo que explota la energía solar disponible durante el período más cálido del año. Para incrementar el efecto de la solarización la superficie del suelo debe ser uniforme y contener suficiente agua para favorecer la transferencia de calor hacia las capas más profundas del perfil y hacer que las estructuras reproductivas de las plagas, las enfermedades y las malezas sean más sensitivas al daño del calor. Por esta razón, antes de la solarización, el suelo generalmente es regado y posteriormente cubierto con una película de plástico para incrementar su calentamiento y evitar la disipación del calor hacia la atmósfera.

El éxito de la solarización del suelo como método de control de malezas no depende de la temperatura máxima alcanzada en el suelo sino de la duración de la temperatura por encima de cierto umbral (45 °C), todos los días. Obviamente, la solarización del suelo puede ser usada solamente en climas cálidos o bajo condiciones de invernadero en regiones templado cálidas y del Mar Mediterráneo. Por ejemplo, una importante reducción de la emergencia de las malezas se observó en los 12 meses siguientes a la solarización en un invernadero túnel usado para la producción de hortalizas en la zona central de Italia. Para retener el máximo del efecto de la solarización del suelo este no debe ser subsecuentemente cultivado porque de lo contrario las malezas presentes en las capas profundas, menos afectadas por el calentamiento, son traídas hacia la superficie del suelo y pueden germinar.

Higiene

La destrucción de papas dañadas, enterrándolas de modo que se descompongan, es importante para reducir las fuentes de inóculo del hongo del tizón tardío y porque también pueden servir de hospederos a los primeros áfidos de la estación y a otras plagas.

La destrucción de basura en operaciones madereras puede reducir los escarabajos de la corteza.

Manejo del agua o de los nutrientes

El agua se puede usar directamente para sofocar a los insectos o indirectamente cambiando la salud general de la planta, mientras que el fertilizante puede influenciar el daño al cultivo principalmente por medio de las

alteraciones en el crecimiento del cultivo o en su valor nutricional para la plaga. Algunas poblaciones de plagas aumentan a causa del crecimiento pobre del cultivo, mientras que otras incrementan por un crecimiento suculento del cultivo.

Agua

La inundación de los pantanos de los arándanos es una herramienta valiosa para controlar varios artrópodos plagas (ácaros y gusano de fuego) y fitopatógenos del arándano. El riego por inundación se usa con frecuencia para reducir las poblaciones de gusanos alambre en cultivos de hortalizas y caña de azúcar. Del mismo modo, inundar se puede usar para controlar gusanos blancos en caña de azúcar, especialmente en condiciones de alta temperatura.

En muchas partes de California en papas regadas por el surco hay la tendencia a que el suelo se raje al secarse, exponiendo los tubérculos de papa a la oviposición por el gusano del tubérculo. En áreas donde esto es un problema, se recomienda el riego por aspersión foliar para evitar las rajaduras del suelo.

El riego por aspersión foliar puede aumentar la diseminación y efectividad de algunos organismos entomopatógenos, especialmente patógenos fungosos. Tales prácticas ayudan a promover epizootias de *Nomuraea rileyi* en poblaciones del gusano terciopelo de la soya.

Fertilización

Plantas desnutridas a menudo son más atractivas para la colonización de áfidos porque son más amarillas y reflejan más luz en el rango de los 540nm.

Barreras Físicas

Para impedir que los áfidos transmitieran el PLRV (un virus persistente) y PVY (un virus no persistente) sobre las hileras de plantas de papa sembrada para semilla fueron colocadas coberturas flotantes. Las coberturas fueron más efectivas para prevenir la transmisión del PLRV que del PVY, principalmente porque el áfido requiere una alimentación prolongada para transmitir el virus persistente, PLRV, mientras que el PVY puede ser transmitido en unos 30 segundos.

Control Químico

La palabra "plaguicidas" se refiere a una amplia clase de productos químicos que se usan para proteger a los cultivos, e incluye cuatro grupos principales: los insecticidas, rodenticidas, herbicidas y fungicidas que se usan para controlar insectos, roedores, malezas mohos y hongos respectivamente.

La mayoría de los plaguicidas son muy tóxicos. Los problemas de las plagas y su manejo varían de un sitio a otro, sobre todo, en función del clima, tipos de

suelo y otras condiciones similares. Como consecuencia de todo ello, el control de las plagas con productos químicos se ha ganado un papel importante en la agricultura moderna, y contribuyó, en gran medida, al excepcional aumento en el rendimiento de los cultivos de frutas y verduras que se registró en las últimas décadas. Los plaguicidas han permitido que los agricultores produzcan cultivos redituables en sitios que no eran demasiado aptos, que ampliaran las temporadas de cosecha, que mantuvieran la calidad. Los agricultores deben lidiar con unas 80.000 enfermedades, 30.000 especies de malezas, 1000 especies de nematodos y más de 10.000 especies de insectos. En la actualidad, las organizaciones agrícolas nacionales e internacionales estiman que alrededor de 45% de los cultivos del mundo continúan perdiéndose a causa de estos tipos de peligros. Sólo en los Estados Unidos, se pierden anualmente unos \$ 20.000 millones en cultivos (un décimo de la producción). Como lamentablemente lo ilustró la hambruna irlandesa de la papa, que fue causada por la propagación de una plaga; el daño que las plagas y las enfermedades les provocan a los cultivos puede resultar devastador. Las malezas extraen los nutrientes y destruyen los cultivos. El moho y los hongos que se producen como consecuencia de las grandes lluvias o de la alta humedad ambiental, pueden destruir a las plantas en unos pocos días. Una "explosión" de insectos puede devastar un campo en pocas horas.

Sistema de seguridad para los pesticidas

Hay muchas asociaciones y grupos que comparten la responsabilidad de garantizar la seguridad de los cultivos que se tratan con pesticidas: los gobiernos estatales y el gobierno federal, los fabricantes, los agricultores y los consumidores.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) fija los niveles de tolerancia que se aplican a las cantidades de residuos de pesticida que pueden aceptarse en un producto determinado. La agencia fija los niveles permitidos que son cien o incluso mil veces menores que los que podrían causar algún riesgo a la salud. Por lo general, los niveles de residuos reales se ubican por debajo del límite legal. La EPA puede exigir más de 100 pruebas diferentes — en función de los usos del pesticida— para determinar su seguridad antes de aprobarlo para su aplicación en la agricultura o para otros usos comerciales.

La Ley de Protección de Calidad de los Alimentos (FQPA) se confirmó el 3 de agosto de 1996. Esta nueva ley modificó significativamente la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) y la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Productos Cosméticos (FFDCA). Entre otras cosas, su propósito fue el de aumentar la protección de los lactantes y niños frente a los riesgos de los pesticidas.

El nuevo estándar de seguridad es una pauta de "seguridad razonable de que no existe daño" que se aplica a la exposición combinada y que se basa en los residuos dietarios y en toda la demás información de exposición razonable. Para fijar nuevos rangos de tolerancia o evaluar nuevamente los existentes, conforme a lo dispuesto en el estándar, la agencia EPA también debe centrar su atención en las exposiciones y riesgos que corren los niños y los lactantes.

La agencia debe:

- Determinar explícitamente que la tolerancia o los niveles de tolerancia son seguros para los niños.
- Analizar la necesidad de contar con un factor de seguridad adicional, 10 veces superior, para evitar cualquier inseguridad que exista en la base de datos relativa a los niños, a menos que existan evidencias suficientes que indiquen que no es necesario implementar un factor de protección.
- Tomar en cuenta las sensibilidades especiales, y a menudo excepcionales, de los patrones de exposición de los niños a los pesticidas.

Asimismo, cuando se deba determinar si existe o no una seguridad razonable de que un pesticida químico "no causará daño", la EPA deberá tomar en cuenta otras fuentes no ocupacionales de exposición a los pesticidas, cada vez que deba completar una evaluación del riesgo o fijar tolerancias. Se incluye la exposición dietaria al tomar agua, la exposición no ocupacional, la exposición a pesticidas similares que comparten un mecanismo de toxicidad común, así como otros escenarios de exposición.

Cuando deba fijar nuevas tolerancias y excepciones de tolerancia o evaluar las ya existentes, la agencia EPA también debe evaluar el potencial de trastorno endócrino. La nueva ley establece que la Agencia debe usar sus facultades y autoridad para requerir la realización de nuevas pruebas específicas y la provisión de información sobre los efectos estrogénicos de todos los residuos de pesticidas.

- **La Agencia de Alimentos y Medicamentos (FDA) y los Estados**

Controlan los residuos de plaguicidas en todos los alimentos, con la excepción de las carnes vacunas, de aves de corral y huevos. Los inspectores de la FDA recolectan muestras de alimentos nacionales e importados de manera rutinaria. Si la prueba confirma que cualquiera de los componentes de los alimentos contiene pesticidas ilegales o residuos de pesticidas que exceden los niveles de tolerancia legales, la agencia puede decomisar el envío y prohibir futuros envíos, retirar la mercadería del mercado e iniciar acciones penales. La FDA trabaja junto con las autoridades estatales para promover la toma de muestras y el intercambio de información. Más de la mitad de los productos que se venden en los Estados Unidos se cultivan en California y es controlado por el Departamento de Alimentos y Agricultura de California. Muchos otros estados controlan la seguridad de los productos que en ellos se cultivan.

- **Fabricantes de pesticidas** El costo medio para desarrollar un plaguicida único desde su descubrimiento hasta su patente, puede llegar a ser de 70 millones de dólares. En promedio, se dedican nueve años a la investigación, después sigue la revisión reglamentaria de la EPA, antes de que un plaguicida pueda lanzarse al mercado. Los controles de seguridad que se deben realizar durante todo el proceso de desarrollo de un nuevo producto químico son los que hacen que el tiempo sea tan largo y el costo sea tan alto. Es necesario realizar estudios sobre toxicología, residuos en los cultivos y

efectos ambientales de un pesticida para proteger a los trabajadores agrícolas y a los consumidores. Si se hacen nuevos descubrimientos que demuestren que cualquier pesticida registrado no satisface realmente los estándares, la EPA cancelará o modificará su uso.

- **Los agricultores como administradores de productos químicos**—La mayor parte de los agricultores de la actualidad completan cursos en la facultad o asisten a seminarios de administración para adquirir la educación y las habilidades que se necesitan para manejar un establecimiento agrícola moderno. Gracias a la educación y la capacitación, los agricultores adquieren experiencia en la utilización responsable de los productos químicos y aprenden de qué manera reducir al mínimo el uso de esas sustancias peligrosas. La ley establece que los aplicadores de plaguicidas deben utilizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Algunos sólo pueden ser aplicados por personal certificado y matriculado, y las empresas de fumigación pueden ser sancionadas si no respetan cuidadosamente las instrucciones de las etiquetas.

Los plaguicidas son muy caros y representan el mayor costo de producción en muchos establecimientos. Es por eso que los agricultores tienen un incentivo para usarlos en menor cantidad. Por lo general, los productores no utilizan plaguicidas a menos que sus beneficios potenciales —tales como la mejora en la calidad, el aumento de la producción, la facilidad de la cosecha y la prevención de la pérdida de cultivos— realmente superen al costo de aplicación. Al disminuir el uso de productos químicos se disminuyen también los costos de los agricultores.

- **Ceras para recubrimiento posterior al cultivo**—Después de la cosecha, tanto las frutas como las verduras continúan necesitando humedad para mantenerse frescas y comestibles. Para ayudar a que retengan dicha humedad, algunas variedades de productos frescos reciben un nuevo recubrimiento de cera que reemplaza la cera natural que la fruta o la verdura pierde durante la cosecha y el transporte. A menudo, la cera se combina con algún fungicida que es un producto químico que evita la aparición de moho y de podredumbre. Desde hace muchos años, las leyes federales exigen que las tiendas etiqueten los productos encerados.

- **Consumidores**—Las prácticas con sentido común a menudo pueden reducir los residuos de plaguicidas en las frutas y verduras frescas. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos recomienda que los productos sean lavados con agua corriente antes de servirlos. El lavado ayuda a retirar los microorganismos, la suciedad y cualquier residuo de pesticida que hubiera podido quedar en el producto. Se recomienda refregar cuidadosamente productos como las papas y las zanahorias si es que van a servirse con la cáscara.

- **Los niños y los plaguicidas**—En 1993, el Consejo Nacional de Investigación (NRC) publicó el informe, Los Pesticidas en las Dietas de los niños y lactantes). En él se recomendaba una serie de mejoras en la manera en que la EPA evalúa actualmente el riesgo que generan los pesticidas a los lactantes y a los niños, entre ellas, la obtención de más datos sobre lo que

comen los más pequeños y el nivel de residuos de pesticidas en tales alimentos. Como consecuencia de dicho informe, la EPA comenzó a trabajar para poner en práctica muchas de las recomendaciones del Consejo. Pese a las mejoras, los especialistas en pediatría y salud están de acuerdo en afirmar que los beneficios que brindan los productos agrícolas a los lactantes y a los niños superan ampliamente cualquier riesgo asociado con los pesticidas.

A través de sus constantes monitoreos nacionales e internacionales, la FDA ha llegado a la conclusión de que es tan poca la cantidad de residuos que quedan en las frutas y verduras que no representa un riesgo a la seguridad de ningún grupo de la población, ni siquiera los lactantes y los niños.

- **"Las toxinas naturales"**—Un informe de 1996 realizado por la Academia Nacional de Ciencias (NAS) indica que los productos químicos que causan cáncer y que se producen naturalmente en los alimentos, son mucho más numerosos en la dieta humana que los carcinógenos sintéticos, pese a que ambos tipos son consumidos en niveles tan bajos que parecería que no representan ninguna amenaza a la salud humana.

CONTROL BIOLÓGICO

Integración del Control Biológico al Manejo Integrado de Plagas.

La agricultura sustentable en el siglo XXI dependerá en intervenciones alternativas a los pesticidas químicos para el manejo de plagas que son ambientalmente amigables y reducen la cantidad de contacto humano con los ellos. La estrategia del manejo integrado de plagas (IPM, MIP), en la cuál los enemigos naturales (parásitos, depredadores y patógenos) de artrópodos plaga y otras medidas alternativas juegan roles significativos en la protección de cultivos y pueden contribuir a un verdadero planteo integrado para el manejo de plagas en la producción de papas. Aún así, un verdadero planteo integrado en todas las prácticas agrícolas será requerido para obtener una máxima efectividad en una intervención o práctica sin interferir con la eficacia de otras prácticas

El control biológico se puede definir como el estudio y utilización de parásitos, depredadores y patógenos en la regulación de las densidades de las poblaciones del hospedero. En este concepto se incluyen aspectos que no conciernen únicamente a la mano del hombre y que por tanto tienen relación con el concepto de control natural, lo cual este mismo autor definió como el mantenimiento de la densidad de una población más o menos fluctuante de un organismo dentro de ciertos límites superiores e inferiores, definibles sobre un período de tiempo por la acción de factores abióticos o bióticos ambientales.

Otra definición importante es la del MIP propuesta por FAO (1994) como el sistema de manejo de plagas que, evaluando las poblaciones de ellas y otros factores asociados del ambiente, utiliza todas las técnicas y métodos posibles de manera compatible, para mantener los niveles poblacionales de las plagas en valores inferiores a los causantes de daños económicos a la cosecha.

De acuerdo con ello, el control biológico constituye una de las tácticas del MIP y en las condiciones de Cuba, la más utilizada. La cría masiva de insectos, depredadores y parasitoides, así como la aplicación de insecticidas microbianos a base de hongos y bacterias entomopatógenos. Sin embargo, dentro del MIP en papa, tomate y tabaco se incluye otra alternativa como es la conservación de enemigos naturales mediante diferentes prácticas de manejo y no se realizan crías, ni liberaciones de parásitos y depredadores.

Prácticas inundativas dentro del MIP en papa, tomate tabaco.

Dentro de las prácticas inundativas la aplicación de *Verticillium lecanii* y *Bacillus thuringiensis* son las más recurridas en papa, tomate y tabaco.

V. lecanii es un micoinsecticida bien reconocido contra insectos del orden Homóptera, la mayor parte son áfidos, cóccidos y moscas blancas de las regiones tropicales y subtropicales. También *V. lecanii* algunas veces actúa como hiperparásito de hongos fitopatógenos, principalmente royas y mildius pulverulentos (Jiménez, 1996).

Actúa por contacto, por lo que las aspersiones deben realizarse en presencia de la plaga y buenas condiciones de humedad. Los conidios germinan sobre la cutícula del insecto y penetran a través de las partes menos quitinizadas; por su alta actividad quitinasa extracelular, colonizan el cuerpo del insecto y le provocan la muerte.

Los tratamientos con este micoinsecticida se realizan en forma líquida, preferiblemente en horas de la tarde.

Para el combate de mosca blanca y áfidos en tomate y papa se utiliza un biopreparado nacional a base del hongo entomopatógeno *V. lecanii*, con una concentración de 1×10^9 conidios/ml a una dosis de 1 kg ó 10 l/ha, según sea el formulado sólido o líquido respectivamente.

La eficacia de este micoinsecticida fue demostrada en experimentos de campo por (Elizondo, et al., 2002) quien halló un 86% de eficacia contra *M. persicae* y *A. gossypii* en papa con la cepa M - 2. Su utilización favorece la incidencia de enemigos naturales de estas plagas, principalmente *Coleomegilla cubensis*, *Chylochorus cacti*, *Cycloneda limbifer*, *Lysiphlebus testaceipes*, (La Rosa, 1993).

Para el control de mosca blanca (*B. tabaci*) en tomate se evaluaron un grupo de cepas de (*V. lecanii*) entre las que se destacó la Y - 57.

La utilización de *V. lecanii* de forma regular en el tomate, principalmente en las plantaciones, ha permitido el desarrollo de varios enemigos naturales de *B. tabaci*, como son parasitoides y depredadores generalistas que han estado ausentes durante una gran parte del cultivo de esta hortaliza. Durante la implantación del Programa MIP contra *B. tabaci* en el territorio de Güines, en la provincia La Habana, en 1991, se comprobó mediante muestreo la ausencia de enemigos naturales en las áreas muestreadas; sin embargo, dos años después

aparecieron parásitos del género *Encarsia* y depredadores como las arañas del género *Theridula* y otros enemigos, cuya primera aparición ha ocurrido cada vez más temprano en el inicio de cada campaña de siembra.

Este programa MIP incluye cuatro aspectos básicos: Limpieza y saneamiento territorial, programa de siembra, medidas aerotécnicas y medidas de lucha. En este último aspecto las aplicaciones de insecticidas químicos sólo son autorizadas mediante avisos de las Estaciones Territoriales de Protección de Plantas a los productores cuando ocurren incrementos bruscos de la población de la plaga, que sobrepasan los umbrales establecidos o existen riesgos de transmisión de la enfermedad del tipo de encrespamiento amarillo del tomate.

El uso indiscriminado de insecticidas en tomate para el control de *B. tabaci* conlleva también desequilibrios entre *L. trifolii* y sus biorreguladores naturales. Consecuentemente después de cada tratamiento de insecticidas se ha manifestado el incremento en la densidad de la población de *L. trifolii*.

Dentro de las limitaciones más importantes del uso de *V. lecanii* en papa y tomate está su incompatibilidad con muchos fungicidas (Tabla 3) (Muiño, 1995) que se utilizan para combatir las enfermedades producidas por *Alternaria solani* y *Phytophthora infestan*. Sin embargo, la incidencia de estas enfermedades según la edad del cultivo, características del clima del territorio y año es variable, por lo que la implementación de la lucha biológica dentro del MIP de estos cultivos resultó factible de implementar dentro de la estrategia y tácticas de manejo.

B. thuringiensis es una de las principales bacterias para el control biológico de plagas. Esta bacteria grampositiva produce un metabolito en forma de cristal proteico que se le considera una protoxina. La hidrólisis del cristal en medio alcalino (pH 8) en presencia de enzimas específicas en el insecto susceptible, da origen a diversas moléculas entre las que se encuentra la deltaendotoxina. Esta sustancia causa la lisis de la membrana epitelial del intestino medio de los insectos susceptibles, provoca la parálisis de este órgano, dejan de alimentarse y en varios días causa la muerte con la invasión de la hemolinfa por las esporas (Fuentes, 1991).

En Cuba se obtienen biopreparados a partir de cepas LBT- 3 y LBT- 21 de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* por cultivo líquido estático, con una concentración de $3-5 \times 10^8$ esporas / ml y de las cepas LBT -21 y LBT- 24 por fermentación con títulos de $1-6 \times 10^9$ esporas/ ml (Jiménez, 1996).

El uso de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* cepa LBT -24 para el control de larvas de lepidópteros se realiza en aspersiones de biopreparados nacionales una concentración de $1,5 \times 10^8$ esporas /ml a la dosis de 4 l/ha (Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados, 2006). La efectividad es superior al 84% en papa, tomate y tabaco.

En estos dos primeros cultivos el uso de *B. thuringiensis* está relacionado con el método de conservación de enemigos naturales de *L. trifolii*. El uso de este bioplaguicida en las primeras etapas del ciclo vegetativo posibilita la acción de

Opius sp. y *Heteroschema sp.* Biorreguladores naturales de *L. trifolii* con valores de parasitismo superiores al 70%.

Se dispone también de la cepa LBT -13 de *B. thuringiensis* para el control biológico del ácaro blanco (*Poliphagotarsonemus latus*) en la papa con una eficacia superior al 85%. Se realizan actualmente otros estudios para determinar la dosis más adecuada y el momento de realizar las aplicaciones de acuerdo a los índices poblacionales críticos para la papa (Jiménez, 1996).

B. thuringiensis no confronta las dificultades de los biopreparados fúngicos pues se mezcla con otros insecticidas químicos. Estas combinaciones se han utilizado en Cuba para control de plagas en tabaco.

La efectividad de *B. thuringiensis* en el control de *H. virescens* es comparable al control químico. El porcentaje de daño general con el biopreparado fue de un 15,13% contra un 14% en el control químico (Jiménez, 1996).

En investigaciones realizadas en Cuba se encontró que los insecticidas endosulfan, carbaryl, cipermetrina, ciflutrina y permetrina a las concentraciones de uso en campo, resultaron compatibles con *B. thuringiensis*. Malation y fenvalerato sólo resultaron compatibles a concentraciones del 20% y que metil paration y metamidofos resultaron altamente tóxicos para las esporas del entomopatógeno. Entre los fungicidas, metalaxyl fue compatible y Zineb, Maneb y Metiran resultaron tóxicos (Jiménez, 1996).

Preservación de enemigos naturales.

Este es uno de los objetivos centrales del MIP y de manera general hay diferentes vías para alcanzarlo. No obstante, existen tácticas concretas para su realización.

La limitación del uso de los plaguicidas químicos mediante el establecimiento de sistemas de avisos o señalización, la aplicación de sustancias selectivas a las plagas, las técnicas de control cultural que modifican el ambiente del campo para reducir las plagas, hacen que sus enemigos naturales sean más eficientes y favorecen su reproducción, alimentación o lugares donde se protegen. El corrimiento de la fecha de siembra, la siembra y cosecha simultánea, el policultivo, etc., son tácticas generales dentro del MIP que han demostrado su eficiencia en los cultivos de la papa y el tomate.

En el caso del tomate y la papa en Cuba se ha desarrollado una estrategia contra los minadores de las hojas (*L. trifolii*) la cual establece el uso de *B. thuringiensis* para el control de las plagas en el periodo vegetativo del ciclo de estos cultivos, la limitación del uso de insecticidas de amplio espectro de acción, el establecimiento de barreras de maíz dentro del cultivo. Cuando se presenta un ataque de *L. trifolii* se determina el nivel de infestación con larvas vivas de minadores en las hojas y el porcentaje de parasitismo mediante conteos. Si se detectan valores menores de una larva por hoja y el porcentaje de parasitismo es superior al 40% se prohíbe el uso de insecticidas químicos y si es inferior a este valor se debe repetir la evaluación y determinar su

tendencia. Solamente se autorizará la aplicación en casos de tendencia negativa en el parasitismo.

Alcance del control biológico en la papa, el tomate y el tabaco basado en biopreparados

El control biológico se ha basado esencialmente en el uso de biopreparados producidos territorialmente. El hongo *V. lecanii* constituyó una alternativa que sustituyó significativamente los insecticidas químicos en el manejo de la mosca blanca en el tomate (Vázquez et. al., 1995). La producción de este biopreparado alcanzó valores de 30,5 a 190,6 t de 1990 a 1993 respectivamente, que permitieron proteger 13,174 ha de este cultivo en 1995..

La producción nacional de *B. thuringiensis* en igual período, alcanzó las cifras de 763,7 a 1380,7 t para cubrir un área de 118,361 ha en 1995.

Principios de control biológico

Control biológico es el método de mejorar a propósito las actividades de las especies benéficas para reducir las actividades dañinas de ciertas plagas. Esto representa la base o el punto inicial para el manejo integrado de plagas (IPM, MIP). El control biológico toma tres formas en la práctica: clásica, conservadora, y aumentativa. En el control biológico clásico los enemigos naturales son hallados en su lugar nativo, importados y establecidos en un área en donde ellos no ocurren naturalmente. Típicamente ésta es un área geográfica donde la plaga ya se ha colonizado y es substancialmente libre de mortalidad causada por enemigos naturales de su lugar nativo. El control biológico provisto por la introducción del enemigo natural resulta en una reducción a largo plazo de la población de la plaga en los habitats elegidos. Típicamente, el control biológico clásico a sido el más exitoso en el sistema agro-económico perenne como en los cultivos de árboles, viñedos, plantas ornamentales, y bosques. Aunque los éxitos de la introducción del control biológico son dramáticos, el futuro es muy difícil de predecir. Casi solo el 30% de las introducciones han permanecido estables, y la exitosa supresión de plagas a ocurrido menos frecuente. La clave para el éxito en casi todos los proyectos de control biológico es el descubrimiento y la importación de enemigos naturales que produzcan altos niveles de parasitismo o depredación en los lugares nativos de la plaga. Otros factores, tales como la adaptación de los enemigos naturales al clima del nuevo lugar, búsquedas adecuadas y habilidades de utilización que les permita descubrir y controlar la plaga cuando todavía la abundancia es poca, aún se piensa que son críticos.

Control biológico conservador es la base real del manejo integrado de plagas. Su meta es promover la abundancia de enemigos naturales reduciendo influencias dañinas y resaltando las positivas. Esto implica el cambiar un insecticida con amplio espectro por la táctica específica de las especies o por insecticidas con espectro reducido, cambiar el tiempo de aplicación del insecticida para evitar etapas cuando los enemigos naturales son mas expuestos, proveyendo habitats alternativos para que los enemigos naturales tengan alimentación, un lugar para reproducir o invernar, provisión de néctar-

ya sea por plantas que cubren el suelo o por seleccionar una variedad de plantas que tienen nectarios- como alimento para los enemigos naturales.

Control biológico aumentativo consiste de dos tipos de tácticas: control inoculativo y control inundativo. Cuando las prácticas temporales de agricultura interfieren directamente con los enemigos naturales o con la habilidad de los huéspedes o la población de las presas, la población de los enemigos naturales podrían ser reducidas a tal grado que no podrían alcanzar el incremento requerido por el crecimiento rápido de plagas y prevenir daños por las plagas a los productos antes de la cosecha. El control inoculativo puede ser usado para dirigir estos problemas temporales que son típicos de un sistema anual de cultivos tales como las papas. Los enemigos naturales pueden ser introducidos mas temprano en la temporada de como normalmente ocurre, dándoles tiempo para reproducir y disminuir las plagas antes del ciclo de la cosecha. El control biológico inoculativo es la base para el control de plagas en muchos sistemas de invernaderos y ha sido intentado para las papas, como se describe mas abajo.

Los enfoques inundativos son diferentes de las estrategias clásicas e inoculativas, por lo que la actividad de la liberación de enemigos naturales--y no de sus descendientes--son los agentes activos de control. Típicamente, liberaciones a gran escala de enemigos naturales son hechas y repetidas muchas veces durante el ciclo de la cosecha.

¿Entonces, dónde queda el usar insectos para control biológico en el manejo de la papa? Un resumen de las especies de insectos benéficos más notable y patógenos que atacan al escarabajo de la papa de Colorado y el áfido verde duraznero se provee a continuación para dar una idea clara sobre este tema.

Depredadores y parásitos del escarabajo de la papa Un número de especies de artrópodos atacan los huevecillos, las larvas, o los adultos de los escarabajos de la papa de Colorado, y se infiere que los enemigos naturales proveen algún nivel de control biológico para el escarabajo. En esta sección, analizaremos esta especie, resumiremos el consenso actual de su importancia, y proveeremos algunas ideas en donde investigaciones futuras puedan ser dirigidas para mejorar su eficacia.

Heteróptero- insectos depredadores.

Dos especies de Pentatomidae son conocidos como depredadores efectivos del escarabajo de la papa de Colorado: la chinche soldado, *Podisus maculiventris*; y la chinche apestosa de dos manchas, *Perillus bioculatus*. Una tercera especie, *Opolomus dichrous*, a sido estudiada también, pero parece que no se ha adaptado a las regiones más templadas de cultivo de la papa (Ferro 1994).

De las tres especies, *P. bioculatus* se tienen más estudios. Este depredador se alimenta en todas las etapas del escarabajo, aunque el alimentarse de adultos parece no ser muy común y probablemente esta restringido por el depredador adulto. Un sólo insecto puede consumir hasta 300 huevecillos del escarabajo durante su desarrollo (Tamaki y et al.; 1981). La ninfa del depredador en segundo instar consume aproximadamente 5 escarabajos recién nacidos por día, o casi 30 larvas por ninfa durante ese instar.

La densidad natural actual de este depredador aparenta ser muy baja para mantener el nivel del escarabajo debajo del nivel de daño económico, aunque considerable atención ha sido puesta en usar una liberación inundativa. El depredador ha sido criado en un criadero de insectos en grandes cantidades, y se han llevado a cabo estudios usando insectos de criaderos para determinar el impacto en el escarabajo de la papa de Colorado bajo condiciones a campo. Liberaciones de *P. bioculatus* en una proporción de 1 por planta causaron reducciones en la densidad de los escarabajos por casi el 30% mientras liberaciones de 3 por planta redujeron los números del escarabajo a casi el 60%). Combinando las liberaciones de *P. bioculatus* con un patógeno microbiano se puede proveer mejor control del escarabajo que ningún otro organismo por sí solo. Los intentos por establecer a *Perillus* como un agente de control biológico clásico en Europa no fueron exitosos.

No es probable que estos depredadores puedan ser criados económicamente para ser usados en liberaciones inundativas bajo condiciones comerciales, (Ferro, 1994). No obstante, a pesar de considerables investigaciones, aún no queda claro cual es el tiempo para las liberaciones o proporción que es más eficaz para el control del escarabajo. Investigaciones más básicas sobre la biología de esta especie fuera de los campos de papa son justificadas para que nosotros tengamos oportunidades para modificar habitats cerca de los campos de papa para enriquecer la abundancia de *Perillus*. Finalmente, más investigaciones son necesarias acerca de la compatibilidad de estos depredadores con otros productos de control, ambos biológicos y químicos.

Coleópteros

Las catarinas (Coccinellidae) pueden ser comunes en los campos de papa, particularmente si hay áfidos presentes. Algunas especies pueden alimentarse extensamente de huevecillos de escarabajo de la papa de Colorado, una de las más notables es la *Coleomegilla maculata*, un depredador común en los campos de papa en el este de Estados Unidos. Esta especie llega a altas densidades en la parte tardía de la temporada del maíz. Se mueve hacia sitios invernantes sobre maíz y a la siguiente primavera se puede pasar a campos vecinos de papa (Ferro, 1994). Experimentos llevados a cabo en laboratorios indican que un solo adulto de *C. maculata* consume más de 10 huevecillos de escarabajo de la papa de Colorado por día, pero la proporción de consumo, disminuye cuando los áfidos están presente en el cultivo. La depredación de huevecillos en los cultivos de papa en Massachusetts varía entre 40 y 58%, en el cual la mayoría fue atribuida a la actividad de *C. maculata*. No hay experimentos significantes sobre la liberación inundativa de *C. maculata* para la supresión del escarabajo de la papa de Colorado que hayan sido publicados.

Escarabajos de suelo o gallinas ciegas (Carabidae) son depredadores muy comunes en los campos de papa no fumigados, pero su impacto sobre el escarabajo de la papa de Colorado, no es mayormente conocido. Esto es en parte porque en casi todos los campos de papa que han sido examinados, un complejo de especies de carábidos es encontrado y su actividad alimenticia es oculta o nocturna. Estudios en laboratorios han demostrado que el número de diferentes especies de escarabajo de suelo se alimentan del escarabajo de la papa de Colorado, en ambos experimentos escogidos y no escogidos (Ferro, 1994). Una especie, *Lebia grandis*, ha probado que se alimenta de huevecillos

de escarabajo de la papa de Colorado, consumiendo hasta 45 huevecillos por día por depredador. La larva de este depredador son ectoparásitos del estado precrisalidar del escarabajo de la papa (Groden, citado en Ferro, 1994). Han provisto más información referente a la actividad depredadora de los carábidos en el escarabajo de la papa de Colorado.

Los carábidos se reproducen muy despacio y son difíciles de criar para que puedan ser considerados en formas aumentativas de control biológico. Aún así, recientes experimentos de conservación -que usan paja para cubrir el suelo en parcelas de papa- han demostrado que el número de instar intermedios en la primera generación de escarabajo de la papa de Colorado (mediados de Mayo a mediados de Junio) pueden ser significativamente reducidos por la depredación de los carábidos. En el mismo estudio, la depredación de huevecillos y de larva joven de la segunda generación del escarabajo (fines de Junio hasta Julio) aumentó con la paja cuando *Coleomagilla*, crisopas, y *Perillus* fueron los depredadores que fueron encontrados más abundantes en las plantas de papa. Juntos, la actividad de estos depredadores, redujo el daño a la papa y aumentó el rendimiento en 30% o más. La paja provee un abrigo seguro para los depredadores, aumenta la biodiversidad en la capa de paja, y es mas probable que puedan proveer efectos benéficos para los patógenos del insecto en el suelo, microbios que promueven el crecimiento de las plantas, y mejora la humedad del suelo.

Parasitoides

Myopharus doryphorae es un parasitoide de la larva del escarabajo de la papa de Colorado. La mosca adulta inyecta orugas dentro del cuerpo de las larvas del escarabajo. El parasitismo de la mosca típicamente no se forma hasta más tarde en la temporada y la segunda generación de los escarabajos usualmente sufre más altos niveles de parasitismo que la primera generación (Tamaki et al., 1981). Aunque la efectividad de este parásito en controlar al escarabajo bajo situaciones comerciales sea baja, aun así, el nivel de parasitismo se ha notado cerca del 70% en ambos la papa y en otras plantas silvestres adjuntas (*Solanum saccharoides*) en la primavera en Colorado. No se han hecho esfuerzos significantes para modificar el hábitat alrededor de la papa para proteger huéspedes alternativos del escarabajo, y de este modo *M. doryphorae* se ha intentado.

Edovum puttleri es un parásito Eulófido de los huevecillos del escarabajo de la papa de Colorado. Fue primeramente encontrado en Colombia atacando a un pariente cercano del escarabajo de la papa de Colorado y subsecuentemente fue encontrado atacando al escarabajo de la papa de Colorado en México (Logan et al., 1987). Los intentos para establecer esta especie como un agente de control biológico del escarabajo fallaron porque la avispa no tiene diapausa que le permita pasar el invierno en las áreas de producción del noroeste. Las liberaciones aumentativas de *Edovum* fueron experimentadas abundantemente en la última década. En un estudio, la liberación, al principio de la temporada, de *E. puttleri* causó el 50% de parasitismo de huevecillos del escarabajo. Su eficacia es subestimada por el nivel de parasitismo sólo, porque matando los huevecillos por penetración sin parasitismo, puede a veces exceder el nivel de parasitismo (Lashbomb et al., 1987). Finalmente, *Edovum* es conocido porque depende de la secreción dulce del áfido como fuente de energía, pero los áfidos típicamente no son muy abundantes en la papa hasta Julio. Estudios

adicionales de *Edovum*, particularmente en las áreas de producción de papa en el oeste están justificados.

Especies de depredadores varios

Las especies de Neurópteros (crisopas), Himenópteros (avispa véspide), Nabidae (chinche damisela), Lygaeidae (chinche ojona), Reduviidae (chinche asesina), y Araneae (arañas) han sido reportadas que se alimentan de los huevecillos, las larvas o los adultos de escarabajo de la papa de Colorado. En general, su impacto sobre el escarabajo bajo las condiciones comerciales no es conocido pero en estudios recientes usando jaulas de exclusión para depredadores se demuestra que la sobrevivencia de los huevecillos aumentó 3 veces más si los depredadores son excluidos. Lo importante en ese estudio fue demostrar que la actividad depredadora fue independiente de la densidad del escarabajo. De esta manera el uso de tácticas no disruptivas que disminuyen la población del escarabajo son completamente compatibles con la actividad de la comunidad general de depredadores. Estudios para fomentar depredadores como un complejo más grande de diferentes especies, tales como a través del uso de paja ya mencionada antes, son justificados en las áreas de producción del oeste.

Áfido verde.

Se reportan en la literatura sobre el áfido verde duraznero que existen 150 especies diferentes de insectos conocidos, que se alimentan de esta plaga, de las cuales una tercera parte (51 de 150) son miembros de los Coccinellidae. La otra taxa dominante incluye la de las moscas ensimosas (Syrphidae; 49 de 150) y crisopas (Neurópteros; 25 de 150).

Existe gran diversidad de los Himenópteros parasíticos, más notablemente en las familias Braconidae (Aphidiinae) y Aphelinidae, que parasitan áfidos.

La mayoría de los principales insecticidas usados en la papa en el pasado, han tenido un impacto adverso sobre los insectos benéficos, incluyendo los Himenópteros parasíticos. En el futuro, cuando más material selectivo tales como Success y Fulfill lleguen a ser un producto de uso primario, la sobrevivencia del parásito y depredador y su presencia en las papas, incrementarán. Un parásito adicional del Viejo Mundo, *Praon gallicum*, descubierto atacando el áfido verde duraznero en el año pasado en el oeste de Washington, se encuentra en los cultivos en WSU-Prosser, y será producido en grandes cantidades a principios de este año y subsecuentemente liberados contra el áfido verde duraznero en el este de Washington. Estas nuevas liberaciones de esta especie están mejorando y continuarán para mejorar el grupo ya existente de insectos benéficos, e impactarán las poblaciones del áfido verde duraznero no sólo en papas, sino también en malezas herbáceas. Estos parásitos no eliminarán al áfido, pero se esperan puedan jugar un rol importante en el futuro.

Los parasitoides del áfido son rápidamente producidos en grandes cantidades, pero su potencial para liberaciones aumentativas a principios de la temporada antes que los áfidos sean muy numerosos no se ha estudiado adecuadamente. El cultivo de plantas silvestres que alojan a los áfidos de principio de temporada que servirían como huéspedes alternativos o "especie de puente" para mejorar

los parasitoides de temporada temprana, tampoco han sido estudiados sistemáticamente.

El mayor problema en confiar en el control biológico para manejar el áfido verde duraznero en la papa es que el mayor daño causado por el áfido es su capacidad de transmitir virus. Hay muy poca evidencia que los áfidos sean lo suficientemente abundantes para causar reducción en la producción o daños directos a la papa ya cultivada. Por esto, solo densidades extremadamente bajas son toleradas en campos comerciales del tubérculo, particularmente en Julio cuando los áfidos vuelan de una planta huésped hacia el cultivo. De esta manera, aunque los enemigos naturales fueran altamente eficientes para mantener el áfido en densidades bajas, los números podrían ser altos y causar daños económicos por la transmisión de patógenos virales. Estudios serios de depredadores y parasitoides para el control biológico del áfido verde del durazno en campos comerciales no ocurrirán hasta que el problema del virus sea resuelto. Investigaciones actuales para mejorar u obtener papas resistentes al virus son muy prometedoras.

Patógenos de las plagas de la papa

Numerosos organismos patógenos han sido descubiertos con capacidad de control biológico contra las plagas de insectos, incluyendo esos que atacan la papa. Nosotros nos enfocaremos en los que tienen mayor capacidad para control microbiano. Algunos patógenos de insectos tienen numerosas ventajas sobre los plaguicidas químicos convencionales). Estos incluyen:

- Especificidad para los organismos objetivo o a un número limitado de especies huésped,
- poco o ningún impacto directo sobre parásitos y depredadores invertebrados,
- no dañino a vegetales y plantas,
- no residuos tóxicos,
- poca o ninguna contaminación de medio ambiental,
- poco o no desarrollo de resistencia por el organismo clave,
- no hay brote secundario de la plaga,
- compatibilidad con otros agentes de control biológico,
- posibilidad de control a largo término,
- aplicación fácil
- adaptable a la modificación genética de la biotecnología
- A pesar de las ventajas de los pesticidas que son muchas, algunos también tienen sus desventajas. En adición a esto, los pesticidas microbianos tienen otras desventajas comparadas a los pesticidas químicos.
- Estas incluyen:
 - específico para sólo el organismo objeto,
 - tiempo estricto de aplicación para máximo efecto,
 - período largo para infección letal (Ej., poco o no efecto total),
 - inactivación por factores ambientales (Ej., luz ultravioleta, desecación, temperaturas extremas, etc.) y por esto, poca persistencia en el campo,
 - costosos de producir, especialmente para patógenos obligatorios, y difíciles de formular,

- corta vida.
- Posibilidad de desarrollar resistencia por el organismo objeto, especialmente de las toxinas bacterianas
- No económicos excepto para mercados únicos y,
- riesgos asociados con organismos genéticamente modificados.

Bacteria para el control del escarabajo de la papa.

El descubrimiento y desarrollo de *Bacillus thuringiensis var tenebrionis* en Alemania con actividad contra ciertos escarabajos en la familia Chrysomelidae ha resultado un control selectivo y efectivo para el control del escarabajo de la papa.

La actividad larvicida de la bacteria es debida al cristal parasporal que es producido por la bacteria al momento de esporulación. Toxinas proteínicas en el cristal parasporal, conocidas como delta endotoxinas, deben ser ingeridas para ser activadas. Después de ser comidas, el cristal es disuelto en el medio alcalino del intestino medio y enzimáticamente activado. La parte molecular de la toxina que es responsable por la actividad larvicida, se adhiere a sitios específicos en la membrana del intestino medio y rompen el equilibrio osmótico del epitelio medio intestinal. Las células se hinchan y por último se rompen permitiendo que los contenidos del intestino medio entre a la cavidad del cuerpo. Los insectos mueren poco después. Dosis subletales resultan en menos consumo de follaje y reducida sobrevivencia, en desarrollo tardío y emergencia tardía), en longevidad reducida y fecundidad en adultos que fueron expuestos como larvas (Costa et al., 2000) citado por (Pérez, 2004).

Un número de factores influyeron en la actividad larvicida de *Bt*, tales como la edad de la larva objetivo, temperatura, la dosis del *Bt* y la cobertura de las plantas, el horario, el número de aplicaciones y la inactivación por la luz del sol. Larvas más jóvenes son más susceptibles, aunque los adultos no son susceptibles, tal vez sean repelidos por plantas tratadas con *Bacillus. t.*

Formulaciones de *Bt* activas para escarabajos, han sido producidas y vendidas por algunas compañías para el control del escarabajo de la papa. Los resultados de los experimentos de campo en Norte América han sido reportados por muchos investigadores. Las diferentes ventajas de las formulaciones de *Bt* sobre los plaguicidas químicos convencionales son la seguridad para los aplicadores y trabajadores de campo y para los organismos benéficos incluyendo enemigos naturales. En el desierto irrigado del estado de Washington, la biodiversidad de los insectos no fue afectado en las parcelas tratadas. Sin embargo en las plantaciones fumigadas con Temik, ciertos depredadores hemípteros casi fueron eliminados.

Hongos para el control del escarabajo de la papa y el áfido verde

Los hongos patógenos son importantes enemigos naturales para una gran mayoría de plagas como insectos y ácaros en virtualmente cada agro ecosistema. Las plagas de la papa que han sido estudiadas para conocer el potencial de los hongos como enemigos naturales y agentes de control microbiano son el áfido verde duraznero y el escarabajo de la papa de Colorado. También se han reportado hongos de doradillo, saltahojas, y otras

plagas de la papa, pero su potencial como agente de control microbiano ha recibido una atención limitada.

El hongo, *Beauveria bassiana* ha sido producido por varias compañías y comercializado para el control del escarabajo de la papa y algunos otros insectos. Los resultados de los experimentos en el campo han sido altamente variables, desde niveles de control no aceptables (Feng et al.; 1991) hasta control efectivo. Los factores que afectan su actividad larvívora incluyen: temperatura, humedad, edad y fase de los insectos, el tiempo y el número de aplicaciones, dosis, prácticas agrícolas, y la desactivación por la luz del sol). El hongo invade el cuerpo del insecto, usualmente por la cutícula. Después de invadir al huésped, el hongo crece por todo el cuerpo y bajo condiciones adecuadas las esporas saldrán a la superficie del cadáver del huésped. Esto puede tomar lugar en la planta huésped o en el suelo antes de o durante la etapa de crisálidas. Otro beneficio al usar *B. bassiana* es que los adultos que invernan en el suelo pueden ser infectados. La producción de un inóculo secundario en el insecto huésped puede contribuir al crecimiento de mortalidad del escarabajo en ambas la planta huésped y en el suelo. En adición de matar a la larva, el hongo ha sido reportado en retrasar el apetito de los escarabajos que han recibido una infección subletal (Fargues et al., 1994).

Patógenos de hongos para áfidos

Los hongos son los únicos patógenos de insectos usados actualmente para el control de áfidos. Puesto que los éstos, para obtener su comida usan las partes de la boca para penetrar las plantas y chupar, los patógenos que deben ser ingeridos, tales como bacterias y virus, no son efectivos. Algunos hongos en la clase de Entomofytales son importantes patógenos para los áfidos, incluyendo especies económicamente importantes para la papa. Estos hongos tienen un ciclo de vida más complicado que esos en la clase de Hyphomycetes y, bajo condiciones de alta humedad, a veces son responsables por epizootias y la reducción total de la población de áfidos. Aunque estos causen una caída dramática en la población de áfidos, la confianza en las epizootias naturales en casi todos los agro-ecosistemas es riesgosa. Poca densidad del áfido verde duraznero puede ser perjudicial para la papa por la transmisión del virus del enrollamiento de la hoja de la papa y otros patógenos de plantas. En la ausencia de la transmisión de la enfermedad, epizootias pueden proveer beneficios reduciendo severamente el número de áfidos bajo el umbral económico. Es importante notar que algunas prácticas agrícolas pueden interferir con el hongo y otros enemigos naturales de las plagas de papa. reportaron que ciertos fungicidas usados para el control de enfermedades de planta en papa podrían interferir con la infección del áfido verde duraznero.

Una especie de hongo de buena a excelente actividad hacia el áfido verde duraznero en un ambiente húmedo es *Verticillium lecanii*. Sin embargo, el uso de *V. lecanii* y otros Hyphomycetes para el control del áfido en papa aún no ha sido investigado en detalle. En el desierto irrigado del noroeste la humedad tal vez no es suficientemente alta para facilitar la germinación rápida e infección.

Virus

La mayoría de los patógenos virales usados en control microbiano son los báculovirus aplicados contra los Lepidópteros. Algunas especies de Lepidópteros han sido reportadas como deshojadores de papa, pero su importancia es variable y eclipsada por el escarabajo de la papa de Colorado. La plaga Lepidóptero más seria en la papa en las Américas es la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Gelechiidae). Las larvas pueden minar el follaje y atacar el tubérculo en el suelo o almacén donde puede hacer un túnel a través de la pulpa de la papa. En adición de causar daño directo, ellos facilitan la entrada y los daños de plagas y enfermedades secundarias. Sólo un virus es actualmente usado en contra de las plagas de insectos de papa en las Américas. Programas pilotos que aplican el granulovirus de la polilla de la papa, han tenido notable éxito en Sud América y son, económicamente más seguros y más sostenibles que otras alternativas químicas. Casi toda la producción de virus de polilla de la papa es en escala pequeña.

Cultivo Masivo de Insectos Entomófagos con fines de control biológico

"En este artículo se presentan los principales aspectos a considerar cuando se desea establecer un criadero de insectos entomófagos con fines de reproducir poblaciones suficientes para el control biológico de plagas en diversos cultivos. Debe considerarse entre otras cosas, la biología de la especie benéfica, el grado de reproducción del huésped, las fuentes de material huésped, los substratos alimenticios, la conformación de las cajas de propagación y las normas de operación de un insectario libre de problemas."

El cultivo masivo de los insectos entomófagos tiene los siguientes propósitos:

1. Estudiar a los insectos mismos para determinar con más precisión aspectos sobre sus hábitos, ciclo biológico y relaciones con el huésped.
2. Proporcionar grandes números de individuos para hacer liberaciones en el campo y facilitar su establecimiento.
3. Estar en condiciones de ampliar la distribución de una especie previamente introducida o nativa.
4. Contar con una fuente de insectos entomófagos para liberarlos cada cierto tiempo en áreas donde el huésped ha escapado a su control.

Para lograr los propósitos anteriores, es necesario involucrar tres campos fuertemente interrelacionados: los insectos benéficos, sus huéspedes (plagas) y el substrato alimenticio (planta huésped).

A continuación, se informa brevemente sobre los tres campos citados.

Información biológica sobre las especies benéficas.

El primer obstáculo para el cultivo de muchos insectos benéficos es la falta de apareo bajo las condiciones artificiales de laboratorio, así, en algunas especies los machos se desarrollan antes que las hembras; las hembras de Tachinidae suelen estar listas para aparearse después que emergen, mientras que los

machos pueden no estar dispuestos hasta que pasen períodos mayores de 6 días. Las hembras de algunas especies del género **Opius** no están sexualmente maduras hasta 5 o 6 días después de su emergencia. Podrían seguirse ejemplos como los anteriores en los cuales la relación de apareo es de suma importancia en la producción de insectos benéficos en forma masiva; ahora bien, cuando se presentan estos aspectos en la cría de insectos es necesario que el apareo sea inducido mediante técnicas especiales de manejo.

Otra información básica relacionada con las especies benéficas es la fecundidad, la cual está estrechamente relacionada con la longevidad de las especies, así, una especie del género **Anthemus** (Aphelinidae) vive solamente 4 días, pero en 36 hora de su vida la hembra es capaz de parasitar sobre 150 individuos de su huésped natural **Parlatoria oleae**, por lo que debe ser usada en el campo inmediatamente después de su emergencia, mientras que especies con períodos largos de vida no presentan problemas de almacenamiento ni de transporte al campo.

Factores que afectan la proporción de sexos.

La temperatura puede influir en la proporción sexual de ciertas especies afectando adversamente la viabilidad del esperma, por ejemplo **Trichogramma** expuestos por dos semanas a temperaturas de 3,3 a 8,3°C presentan un exceso de machos en la progenie.

En el caso de **Aphitis lignanensis**, parásito de la escama roja de California la exposición de 1,1 °C por 6 horas, matará casi todo la esperma en las hembras apareadas, ocasionando, igualmente, un alto porcentaje de machos estériles. En muchas especies la proporción de sexos está influida por el tamaño del huésped, así, en la producción masiva de ciertas especies se debe ejercer un gran cuidado en proporcionarle a los parásitos, huésped de tamaño adecuado y mantener óptimamente la relación de la población de huéspedes y parásitos.

Pruebas, empleando varias proporciones de huéspedes y parásitos para diferentes épocas, señalaron el camino para incrementar la eficiencia en la producción. Ejemplo: **Metaphycus helvolus** se alimenta de 1 a 5 escamas de buen tamaño; si las escamas usadas son de tamaño más pequeño se utiliza una mayor proporción en la alimentación. Los primeros estados de existencia del parásito se reducen a niveles peligrosamente bajos, debido a que toda la producción se encontraba sobre huéspedes pequeños, emergiendo por lo tanto, machos.

En especies gregarias el súper parasitismo puede causar un exceso de machos, debido a la eliminación selectiva de las hembras. Esto, probablemente, ocurre porque el macho puede alcanzar la madurez con menor cantidad de alimento que la hembra. El peligro de mortalidad en una especie gregaria usando la misma proporción de huésped y parásita es muy reducido si el huésped puede mantener cuatro o cinco parásitos hasta que logre la madurez en lugar de uno solo.

El súper parasitismo no es, a menudo, dañino en los cultivos masivos. Sin embargo, hay una pérdida de eficiencia en las hembras, debido a un desperdicio de huevos y en especial si está involucrada una especie solitaria en la cual el exceso de larvas son eliminadas en el primer estadio. Ejemplo: 52 primeros estadios muertos de *Macrocentrus ancylivorus* fueron encontrados en una sola larva de la palomilla de la papa, en la cual solamente 1 parásito se desarrolló. Esta ineficiencia puede mejorarse mediante el mantenimiento de una proporción más óptima entre la población de huésped y parásito.

El control del canibalismo es uno de los principales problemas en el cultivo de depredadores. Dado que el encuentro de alimentos en la mayoría de los casos es un resultado de búsquedas al azar, el efecto dañino del canibalismo puede evitarse manteniendo un número excesivo de presas disponibles dentro de un área de búsqueda. Otro factor que estimula el canibalismo es el excesivo número de estadios superpuestos presentes, dado que los estadios más viejos pueden atacar a los más jóvenes cuando están bajo la presión de la sobrepoblación o la falta de alimento disponible.

En lo que respecta a la preferencia de huéspedes de ciertas especies cuando se cultivan en el insectario es mucho mayor que el número encontrado en la naturaleza. Estos huéspedes, artificiales algunas veces son de gran utilidad en el programa de cultivo masivo por ejemplo se encontró que en el cultivo de *Macrocentrus ancylivorus* la palomilla del tubérculo de la papa se adaptaba más a técnicas de insectario que al enrollador de la hoja de la fresa, que es su huésped natural.

Información biológica sobre el insecto huésped

El insecto huésped ideal de laboratorio es el que posee las siguientes características:

1. Es fácilmente aceptado por las especies benéficas que van a ser cultivadas.
2. Puede ser cultivado con facilidad sobre el medium del huésped, el cual está bien adaptado a procedimientos de insectario.
3. Posee un grado rápido de incremento (fecundidad alta o ciclos cortos de vida, o ambos).
4. Sea uniparental o no, presenta problemas serios de apareo.
5. No produce subproductos dañinos, tales como secreciones melosas, seda o cera.
6. Tiene hábitos alimenticios no especializados (se puede usar más de un huésped como medio).
7. Es inmune a enfermedades.
8. Presenta poca actividad interna.

Los insectos huéspedes usados en la producción masiva de insectos entomófagos, pueden ser divididos en dos categorías: naturales y artificiales. El primer generalmente es atacado en la naturaleza por los insectos benéficos, sucediendo lo contrario con los huéspedes artificiales.

Grado de reproducción del huésped

A fin de economizar tiempo, espacio y esfuerzo, es muy deseable el alto grado de reproducción en especies huéspedes. Una existencia relativamente baja puede mantenerse con menos peligro cuando la especie tiene una frecuencia alta de reproducción, el crecimiento rápido de una población del huésped puede facilitarse mucho si el ciclo de vida de la especie es relativamente corto.

No debe suponerse que una especie benéfica tenga un huésped específico, en lugar de eso todos los huéspedes conocidos que se encuentren disponibles en el insectario, deben ser probados para su posible aceptación. Ejemplo: de dos especies de huéspedes casi ideales que se encuentran en el grupo de escamas de la familia Diaspididae, una es la escama lata nea y la otra es una variedad de escama olearides. Cada una de estas especies se desarrolla fácilmente sobre tubérculos de papa, melones o medios de plátano.

Productos dañinos del huésped

Ciertas especies de escamas de cuerpo suave presentan ciertas dificultades cuando son utilizadas como huéspedes de insectos, por ejemplo: la acumulación de secreciones melosas producidas por el estado inmaduro pueden inhibir el desarrollo del cultivo.

Debe evitarse el cultivar especies huéspedes susceptibles a ataques virulentos de microorganismos, ejemplo: *Prodenia praefica* es susceptible a la poliedrosis, por lo que no es utilizado como huésped en el cultivo de *Naoplectrus platynpenae*, además *Prodenia* presenta el problema de diapausa, la cual puede prevenirse mediante el mantenimiento de un foto período suficientemente largo en el laboratorio.

La temperatura y humedad utilizadas en los programas de cultivo deben ser ajustadas para abarcar la tolerancia de las especies entomófagas, especies huéspedes y medium del huésped en forma separada o en combinación.

Por supuesto, durante el cultivo de las especies huéspedes solamente ellas y el substrato están involucrados. Como una norma, deben hacerse los arreglos convenientes entre las condiciones óptimas ambientales de cada uno con el propósito de obtener máximos rendimientos de insectos entomófagos por unidad de producción.

Por tal motivo, en el análisis final debe lograrse una conclusión referente a la selección de una humedad relativa que sea mutuamente satisfactoria para el substrato y la población de insectos que sostiene.

Durante el desarrollo de la producción masiva de *Aphytis tignanensis* se supo que el mejor huésped del laboratorio (la escama del oleander) podría criarse satisfactoriamente sólo a 23,9°C durante sus estados más jóvenes. Solamente escamas mayores de 45 días de edad podrían tolerar temperaturas

de 26,7°C y 27,8°C, que son las requeridas para el desarrollo rápido del parásito.

El término tropismo (taxia) se refiere al arreglo o la migración de organismos que se mueven libremente en respuesta a un estímulo.

Los tropismos de una especie huésped deben ser estudiados y utilizados en el mayor grado posible para desarrollar una mayor eficiencia en los programas de cultivo.

La mayoría de las escamas lecanine y diaspine que se arrastran exhiben una fototaxia positiva y como consecuencia, pueden ser recogidas por medio de cajas sombreadas. Este método es utilizado en el insectario comercial de Santa Paula, California.

Fuentes de material huésped

Algunos programas de cultivos masivos utilizan grandes cantidades del material huésped recolectado en el campo. Este es el camino más barato si el material huésped se encuentra abundante en el área de propagación.

Ello puede ocasionar el peligro de contaminaciones incipientes de insectos plagas y patógenos, y está muy relacionado con el hecho de llevar al insectario material recolectado en el campo.

Quizás lo mejor que se debe hacer es formar varias unidades pequeñas e inspeccionarlas posteriormente para quitar todos los insectos parásitos y depredadores indeseables, así como los individuos enfermos.

El material más seguro para traer del campo son los huevos o adultos recolectados, los cuales producirán estados inmaduros que inmediatamente son puestos en lugares aislados para un mejor desarrollo.

Información sobre el substrato alimenticio

La función del substrato del huésped es la de sostener las poblaciones óptimas del insecto huésped y ser aceptada por las especies benéficas durante el período de cultivo. Un medio ideal que sostenga a su huésped es aquel:

1. Que sea adecuado para elaborarse bajo condiciones y técnicas del insectario.
2. Capaz de proporcionar los requerimientos nutricionales de las especies de insecto huésped.
3. Que siempre se pueda elaborar a bajo costo.
4. Que se pueda manejar convenientemente.
5. Que se deteriore lentamente.

La función del substrato del huésped es la de sostener las poblaciones óptimas del insecto huésped y ser aceptadas por las especies benéficas

durante el período de cultivo. Existen tres tipos de sustrato de huéspedes: natural, artificial y ficticio.

Huésped natural: es aquel que el insecto huésped, usualmente, infesta en la naturaleza.

Huésped artificial: es aquel usado en insectario en lugar del huésped natural, principalmente, por conveniencia o facilidad para su manejo en el laboratorio.

Huésped ficticio: es aquel preparado o formulado por el hombre, tal como un medio sintético para el cultivo del barrenador del maíz o larvas de moscas

La papa es de gran utilidad como un medio de cría, el tubérculo rebanado o en pedazos es un alimento excelente para la mayoría de los estados avanzados de varios gusanos cortadores y soldados. La superficie de los tubérculos que no han brotado es un buen sustrato para la cría de muchas especies de escamas diaspine.

Las variedades o tipo de papas difieren considerablemente; en consecuencia, algunas están mejor adaptadas para un propósito que para otro. Por ejemplo: la papa roja 'Bliss Triumph' emite los brotes más adecuados para el cultivo de piojos harinosos.

La cubierta suave de la variedad 'White Rose' ha probado ser muy satisfactoria para el cultivo de especies de escamas del tipo diaspine, tales como *Aspidiotus hederae* y *Aonidiella*

¿Qué son los nemátodos?

Los nematodos son organismos microscópicos que viven en el suelo y se alimentan de las raíces, preferentemente de aquellas especies de plantas que son apetecidas por ellos, especies a las que se les ha denominado hospedantes. El cultivo de papa es un excelente hospedante de algunos nematodos que aproximadamente llegan a más de 68 especies.

¿Cuáles son los efectos negativos que ocasionan los nemátodos?

El *N. aberrans* afecta los rendimientos totales en un porcentaje de 33 a 88% y *Globodera* spp. de 5 a 58%, así como la cosecha de tubérculos grandes, pérdidas que se llegaron a estimar en 52 y 16 millones de dólares por año en el valor bruto de la producción de papa, respectivamente. *Meloidogyne* spp. reduce los rendimientos del cultivo de papa en un 25 a 50% y los tubérculos pueden ser deformes. En las tres especies, los daños ocurren en respuesta a las densidades poblacionales de nematodos en los terrenos infestados, la susceptibilidad de la variedad de papa y la fertilidad del suelo.

Por otro lado, los nematodos representan un problema serio en el sistema formal de producción de semilla de papa, ya que su presencia determina la descalificación de la parcela y pierde su valor para producir semilla.

Otro de los efectos indirectos que se ha venido observando en los últimos años y que están afectando la biodiversidad y el medio ambiente, es la incorporación de nuevas tierras para una desventajosa producción de papa, ya que se trata de tierras con severas limitaciones de fertilidad, pedregocidad, etc. En estas nuevas áreas se elimina la cubierta vegetal natural que los protege de los vientos y lluvia y de la excesiva evaporación, que exponen a los suelos a una rápida degradación.

Una vez iniciada la infestación del suelo por la introducción de cualquiera de estos tres nematodos es imposible erradicarlos y solamente es posible disminuir su población por medio de un programa de Manejo Integrado. Los tres géneros presentan un amplio rango de hospedantes entre cultivos y malezas que facilitan su multiplicación y constituyen reservorios para su sobrevivencia; son de fácil diseminación a través de los tubérculos infectados y en la tierra adherida a la maquinaria u herramientas de campo; la reproducción de las hembras es alta, presentan fuerte resistencia a condiciones adversas como temperaturas bajas (-13°C) y condiciones de desecación en ausencia de hospedantes y alta variabilidad genética, cada género abarca diferentes especies y cada especie diferentes razas.

¿Qué alternativas de control de nemátodos se han venido desarrollando?

Al desarrollar componentes para implementar una estrategia de Manejo Integrado de Nematodos, con el mejoramiento genético se generaron las variedades Pukauya y Jaspe con resistencia parcial a *N. aberrans* y *Globodera* spp. y junto con la variedad nativa Gendarme seleccionada del germoplasma boliviano, controlaban la invasión y multiplicación de la población de nematodos en determinadas zonas productoras de papa. Pero en la actualidad estas variedades en comparación con las variedades susceptibles son similarmente atacadas debido a la presencia de razas dentro cada especie. La identificación de nuevas fuentes de resistencia y el desarrollo de nuevas variedades resistentes a las razas de *N. aberrans* y *Globodera* spp., todavía tomará tiempo, aunque las expectativas en este aspecto no son optimistas ya que el flujo de semilla en el sistema informal o tradicional incrementa la distribución de más de una raza en las zonas productoras de papa, lo cual inutilizaría la resistencia genética hasta ahora identificada de forma individual e independiente a cada raza.

Paralelamente al empleo de variedades resistentes, también se desarrollaron e incorporaron otras opciones como parte del control cultural, en el que algunas de ellas lograron mayor eficiencia y aplicabilidad que otra, como el empleo de algunas especies vegetales no hospedantes que puedan emplearse como trampas (Ej. cebada: variedades IBTA-80, Lucha, etc.) en rotaciones de cultivos y descansos, la recolección y quema de raíces de especies hospedantes, eliminación de plantas de papa remanentes o q'ipas, cambios en la época de siembra, incorporación de abono verde (Ej. haba, tarwi) y otras enmiendas, identificación de enemigos naturales (*Beauveria* spp.), etc.

Sin embargo, actualmente por la presencia de diferentes razas de nematodos, se sigue cuestionando la estrategia de Manejo Integrado al emplear las

variedades anteriormente seleccionadas como resistentes. Entre otras limitaciones de la estrategia, se distingue la complejidad de interrelaciones ecológicas de los diferentes agroecosistemas, que afectan la adaptabilidad de las variedades resistentes a nematodos en algunos de ellos, restricciones en su manipuleo, resistencia por parte de los agricultores en la adopción de labores culturales diferentes a sus labores tradicionales principalmente por los elevados costos de producción, preferencias del consumidor por variedades que no son exactamente aquellas resistentes a nematodos. El control de *Meloidogyne* spp. en las zonas productoras de papa queda aún por definir e investigar.

La biotecnología también puede ayudarnos a controlar a los nemátodos:

Ante esta problemática, la biotecnología surge como un recurso que puede contribuir en gran medida y en menor tiempo a paliar esta gama de situaciones desfavorables, que hacen pasar de soslayo los resultados en la reducción de daño en los cultivos por nematodos al aplicar medidas de control que a la vez han sido producto de varios años de investigación. Las nuevas técnicas de la biotecnología como la ingeniería genética, posibilita generar plantas con genotipos inalcanzables a través del mejoramiento convencional. Con la ingeniería genética, las variedades nativas como Waych'a, Imilla blanca, etc. pueden tener incorporado en su genoma los genes con resistencia a nematodos sin ser una limitante el género u especie del fitoparásito, los mismos que se circunscriben a *N. aberrans*, *Globodera* spp. y *Meloidogyne* sp. Una vez que la "producción" como "productividad" del cultivo de papa y de otros cultivos de rotación susceptibles a nematodos, se eleve con la superación de los suelos agrícolas a través de la disminución de altas poblaciones de nematodos dentro de cada agroecosistema en particular, se podría mejorar y superar la inseguridad alimentaria de la población rural que continua incrementándose y pasando a engrosar las zonas urbanas marginales.

Tácticas para el manejo de las plagas.

Se componen de 25 medidas preventivas y 12 medidas curativas distribuidas entre los organismos nocivos de la siguiente forma:

Insectos y ácaros

<u>Plagas</u>	<u>Medidas</u>	
	<u>Preventivas</u>	<u>Curativas</u>
Pulgones	Siembra en fecha óptima. Evitar colindancia con cultivos infestados. Control de malezas hospedantes. Preservación de enemigos naturales Uso regular de biopreparados. Manejo de los fungicidas.	Aplicar insecticidas químicos o naturales (tabaquina). Uso de insecticidas selectivos según el parasitismo natural. Control de la transmisión de las enfermedades virales según el propósito.

Minadores	Siembra en fecha óptima. Evitar colindancia con cultivos infestados. Control de malezas hospedantes. Rotación de cultivos. Utilización de barreras de maíz. Eliminación de restos de cosechas. Uso regular de biopreparados. No aplicar insecticidas químicos si el parasitismo natural es superior al 40%.	Aplicar insecticidas químicos o naturales (tabaquina), si el parasitismo es inferior al 40%, después de haber repetido el muestreo y la población de parásitos presenta una tendencia decreciente.
Mosca Blanca	Siembra en fecha óptima. Ubicación adecuada de los campos. Evitar colindancia con cultivos infestados. Eliminación de restos de cosechas. Rotación de cultivos. Uso regular de biopreparados.	Aplicar insecticidas químicos, naturales o biopreparados por monitoreo y señalización.
Crisomélidos	Buena preparación del suelo. Eliminación de malezas hospedantes. Destrucción de restos de cosecha. Evitar colindancias de cultivos hospedantes.	Aplicar insecticidas químicos, naturales o biopreparados por señalización.
Prodenias y falso medidor	Buena preparación del suelo. Destrucción de reservorios. Eliminación de malezas. Uso de trampas de captura	Aplicar insecticidas químicos o biológicos. Con los biopreparados según su eficiencia reducir el índice hasta 50 % aproximadamente.
Acaro Blanco	Eliminación de malezas hospedantes. Evitar colindancias de cultivos hospedantes. Comenzar observaciones de los campos Antes de la manifestación de los daños.	Aplicar acaricidas biológicos o químicos según nivel de población y señalización.
Plagas del suelo	Buena preparación de suelo. Eliminación de reservorios. Rotación de cultivos. Eliminación de malezas hospedantes.	Eliminación de malezas. Aplicación de productos biológicos.

Nemátodos, enfermedades

<u>Plagas</u>	<u>Medidas</u>	
	<u>Preventivas</u>	<u>Curativas</u>
Nemátodos	Buena preparación del suelo. Emplear tubérculos sanos. Rotación de cultivos. Hacer un muestreo el suelo para decidir si se toma el área para la siembra.	
Tizón temprano Alternaría solani	Buena preparación del suelo. Adecuada rotación del cultivo. Eliminación de hospedantes silvestres. Evitar colindancias de campos viejos de papa y tomate. Adecuada fertilización y riego. Buena estrategia varietal.	Aplicar fungicidas con la aparición de las primeras manchas según la fenología del cultivo.
Tizón tardío Phytophthora infestans	Monitoreo de fungo resistencia. Monitoreo de condiciones climáticas. Señal de alerta cuando durante 2 días: HR mín. > 60% T mín. > 11°C T máx. ≤ 28 °C Señal de aplicación cuando durante 2 días: HR med. > 84% HR mín. > 60 % T mín. > 11 °C T máx. ≤ 25 °C	Tratar con fungicidas dithiocarbámicos o cobre en señales de alerta. Aplicar metalaxyl + otro fungicida recomendado bajo señal de aplicación o aparición de síntomas.
Rhizoctonia solani	Buena preparación de suelo. Evitar exceso de humedad. Rotación adecuada de cultivos.	Ninguna en papa de producción.
Enfermedades bacterianas	Selección negativa en los pilones. Rotación adecuada de cultivos. Medidas de cuarentena para los equipos. Correcto manejo del riego y la cosecha.	Reducción de la norma de riego.
Enfermedades virales	Evaluaciones periódicas. Control de pulgones vectores. Evitar transmisión mecánica.	Ninguna en papa de producción.
Malezas	Determinar malezas dominantes y predominantes. Rotación adecuada de cultivos. Preparación de suelo de acuerdo al tipo de enmalezamiento.	Herbicida pre-emergente. Herbicida post-emergente, de ser necesario. Hacer un cultivo a los 30 días. Escarda manual o mecanizada.

Malezas

<u>Práctica cultural</u>	<u>Método</u>	<u>Efecto prevalente</u>	<u>Ejemplo</u>
Rotación de cultivos	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Cultivos de verano e invierno alternados
Cultivos de cobertura (como abono verde o cobertura muerta)	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Cultivo de cobertura sembrado entre dos cultivos comerciales
Labranza primaria	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Arada profunda, alternancia de arada profunda con labranza limitada
Preparación de la cama de semillas	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Técnica de falsa preparación de cama de semillas
Solarización del suelo	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Uso de película negra o transparente (invernadero o campo)
Sistema de riego y drenaje	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Colocación de riego (micro/goteo), limpieza vegetación en canales
Manejo de residuos de cultivos	Preventivo	Reducción de la emergencia de malezas	Cultivo con residuos
Época de siembra y ordenación espacial del cultivo	Cultural	Mejoramiento de la capacidad competitiva del cultivo	Uso de trasplantes, mayor densidad de siembra, menor distancia entre surcos, anticipación/demora de fecha siembra o trasplante
Elección genotipo del cultivo	Cultural	Mejoramiento de la capacidad competitiva del cultivo	Uso de variedades de rápida emergencia, crecimiento alto y cobertura temprana del suelo
Cultivos de cobertura (usados como cobertura viva)	Cultural	Mejoramiento de la capacidad competitiva del cultivo (dosel foliar)	Cultivo de leguminosas sembrado entre surcos del cultivo
Cultivos intercalados	Cultural	Reducción de la emergencia de malezas, mejoramiento de la capacidad competitiva del	Cultivos comerciales intercalados

		cultivo	
Fertilización	Cultural	Reducción de la emergencia de malezas, mejoramiento de la capacidad competitiva del cultivo	Uso de fertilizantes orgánicos de liberación lenta de nutrientes, enmiendas, colocación del fertilizante, anticipación o demora de fertilización con N de presembrado o complementaria
Cultivo	Curativo	Muerte de la vegetación existente, reducción de la emergencia de malezas	Rastreada postemergencia, aporcar
Aplicación de herbicidas	Curativo	Muerte de la vegetación existente, reducción de la emergencia de malezas	Aspersión pre- o postemergencia
Control termal de malezas	Curativo	Muerte de la vegetación existente, reducción de la emergencia de malezas	Quema de malezas preemergencia o postemergencia localizada
Control biológico de malezas	Curativo	Muerte de la vegetación existente, reducción de la emergencia de malezas	Uso de patógenos o plagas específicos para las malezas

PLAGA PRINCIPAL EN CUBA

Thrips palmi Karny se introduce en Cuba en diciembre de 1996. A partir de su aparición se desarrolló un amplio número de investigaciones con el propósito de perfeccionar el sistema de diagnóstico de los thrips de los géneros ***Frankliniella*** y ***Thrips***, desarrollar los estudios sobre la biología y ecología de *T. palmi*. También se valoró la nocividad del insecto por sus efectos directos e indirectos; así como establecer los umbrales. Se estudiaron alternativas de control cultural, biológico, químico y la validación de los resultados en un sistema de medidas preventivas y curativas.

En el aspecto económico el impacto inicial resultó considerable, ya que la diseminación ocurrió muy rápida en la región afectada y no se disponía de los medios adecuados para su combate. La magnitud de estas afectaciones se reflejó en las pérdidas de los rendimientos en los cultivos afectados, los

perjuicios ascendieron a 32,4 millones de dólares; y por gastos anuales a 2,9 millones cada año. Más de 1000 ha presentaron ataque intenso de más de 30 trips por hoja, lo que representa más del 60 % de las áreas, encontrándose campos totalmente defoliados, es decir, perdidos. Las áreas perdidas disminuyeron progresivamente desde 1997 hasta no existir campos perdidos en la campaña 1999 – 2000, como consecuencia de la aplicación del programa de lucha que comprende un sistema de medidas para un eficiente control de la plaga.

En la campaña 1997 – 1998 en el cultivo de la papa, los costos fueron inferiores en las áreas bajo el programa de lucha respecto al resto. El costo por toneladas disminuyó en 7.95 pesos, el costo por hectárea disminuyó en 22.37 pesos y se alcanzó un rendimiento superior en 5.58 ton. En la campaña 1999 – 2000 las áreas presentaron un incremento de los rendimientos entre 31,7 y 46.3 %. En la papa el programa se aplica dentro del Manejo Integrado de Plagas en el cultivo (MIP), donde también la infestación es ligera en el 30 % de las áreas, no existiendo campos con infestación intensa. En la tabla 1 se muestra el incremento de las áreas MIP desde la campaña 1996 – 1997 hasta la campaña 2000 – 2001.

Áreas bajo el Programa de Lucha contra *T. palmi* dentro del Sistema de Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de la papa en Cuba.

Campañas	Área sembrada (ha)	Áreas MIP (ha)	(%)
1996 – 1997	17 666.22	5 377.40	30.4
1997 – 1998	14 363.20	10 640.40	74.1
1998 – 1999	14 772.46	14 161.86	95.8
1999 – 2000	15 022.34	14 926.60	99.4
2000 – 2001	15 073.21	14 998.94	99.5

El costo promedio de los plaguicidas químicos por hectárea en las áreas bajo el programa de lucha disminuyó en 133.67 pesos. El número de tratamientos químicos realizados tuvo una reducción de más del 50 % en comparación con los tratamientos realizados en las áreas donde no se aplica el programa. Los tratamientos biológicos se incrementaron, que desde el punto de vista ambiental tiene un gran impacto porque existe menor contaminación al ambiente, disminuye los residuos de plaguicidas en la cosecha, se incrementan los insectos benéficos que ejercen un control natural sobre la plaga y como resultado de esto disminuye considerablemente la infestación por la plaga. Promedio de tratamientos en las áreas bajo el programa MIP y las áreas convencionales.

Plaguicidas	No. de Tratamientos	
	Estrategia convencional	Estrategia bajo programa MIP
Insecticidas químicos	8	1.58
Insecticidas biológicos	3	6

En sentido general el trabajo aportó resultados beneficiosos, ya que fue posible en breve tiempo recuperar las áreas perdidas con la implementación de este programa de lucha. Le dio la posibilidad a los productores de recuperar sus producciones en cultivos de gran demanda como la papa, el frijol, el pimiento y otras hortalizas, se preservaron los renglones de producción sin necesidad de importar productos para la alimentación de la población. Se logró reducir los niveles de población de la plaga con un valor satisfactorio en el indicador de ganancia por hectárea.

Con la aplicación del programa de lucha, desde el punto de vista económico, las pérdidas disminuyeron progresivamente desde 1997, hasta no existir campos perdidos en la campaña 1999 - 2000. En la papa las áreas protegidas y con bajos índices de infestación presentaron un incremento entre 31.7 y 46.3 %. En otros cultivos como el pepino los rendimientos se incrementaron. El uso de insecticidas no recomendados se redujo en 8.40 %. En el aspecto ambiental se logró reducir la carga química tóxica en el cultivo de la papa con la introducción de las aplicaciones de insecticida al suelo en el momento de la siembra y de bioplaguicidas. En el aspecto social se capacitó a los productores en sus diferentes niveles a través de plegables, folletos, otros materiales didácticos y talleres y cuyo impacto se reflejó en el fortalecimiento del sistema de conocimientos fitosanitarios, el dominio en la toma de decisiones; además devolvió la confianza a los productores sobre la posibilidad de recuperar sus producciones en cultivos como la papa, el frijol, pimiento y otras hortalizas.

Los agricultores tienen varios métodos preventivos, culturales, químicos y biológicos entre los recursos disponibles para construir un MIP. La conveniencia de usar un método u otro depende las actitudes locales y de las limitaciones tales como la disponibilidad financiera y de mano de obra, el acceso a los insumos técnicos (semillas, fertilizantes, herbicidas), características ambientales, sociales y económicas que pueden limitar el rango de las elecciones agronómicas posibles (Ej., duración de la época de crecimiento, tipos de lluvia y temperatura, tasa de mineralización del suelo, estructura de la finca y del mercado, patrimonio cultural, existencia de servicios de asesoramiento, etc.). Sin embargo, el Manejo Integrado de Plagas basada en principios agroecológicos es la clave para un manejo efectivo a largo plazo de las en cualquier situación. Al respecto, siempre se debe insistir sobre la inclusión sistemática de métodos preventivos y culturales para el manejo de plagas. Esto obviamente implica que los agricultores deben ser educados para adquirir un mayor nivel de conocimientos y capacidad técnica. Las soluciones simples tales como el monocultivo y la confianza en los plaguicidas como único método de control de las plagas puede ser exitoso a corto plazo pero nunca cuando se consideran los problemas a largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

Altieri, M.; K. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystem. *Crop protection* 1: 405-430.

Armbrust, E. J. y G. G. Gyrisco. 1975. Forage crops insect pest management. pp. 445-470. En R. L. Metcalf y W. H. Luckmann, *Introduction to Insect Pest Management*. John Wiley and Sons, Nueva York.

Candanedo, E. 1995. Proyecto R-1 Manejo Integrado de Plagas. En informe anual de Proyecto Marzo 1994-febrero 1995. PRECODEPA. 111p

Centro Nacional de Sanidad Vegetal - Ministerio de la Agricultura. 2003. Manejo Integrado de plagas en el Cultivo de la Papa. 48 Pág.

Control de malezas en zonas industriales [Diapositas 5 y 12] Bayer Environmental Science a bussines Group of Bayer Crop Science. 15 diapositivas, color.

Elizondo, Ana I.; C. A. Murgido; E. Fernández; M. Martínez; L. Licor; L. Castellanos ; Roquelina Jiménez. 2002. Impacto del manejo Integrado de plagas en la recuperación de los enemigos naturales en el cultivo de plagas en la recuperación de los enemigos naturales en el cultivo de la papa. *Fitosanidad* 6 (1): 29-34.

Feng, M. G.; J. B. Jonson; S. E. Halbert. 1991. Natural Control of cereal aphids (Homoptera : Aphididae) by entomopathogenic fungi (Zigomycetes: Entomophthorales) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Encyrtidae) on irrigated spring wheat in southwestern Idaho. *environmental Entomogy* 21 (6): 1699-1710.

Ferro, D. N 2003 en línea
<http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/ferroSp.htm>. Consulta septiembre 2007.

Ferro, D. N. 1994. Insect pest outbreaks in agroecosystems. pp. 195-215. En P. Barbosa y J. C. Schultz (eds.), *Insect Outbreaks*. Academic Press, Nueva York.

Fernández, E. 1995. informe de los resultados de la implementación del manejo Integrado de Plagas a nivel semi-técnico (sitio piloto) taller regional de resultados de primer año de implementación de paquetes flexibles del Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de la papa. PRECODEPA. Toluca. Mexico.
Labrada, R. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo (Estudio FAO Producción y Protección vegetal-120). Roma.

Jiménez, S. 1980. Estudio bioecológico de *Mysus persicae* (Sulser) en papa. Informe problema principal estatal. Inst. inv. Sanidad Vegetal. MINAG. Ciudad de la Habana. Cuba.

La Rosa, Julia, 1993. Abundancia poblacional y distribución en las plantas de papa de *Aphis gossypii* y *Myrsus persicae* y sus enemigos naturales. IV taller sobre diagnóstico de plagas. Soc. Cub. Zoo. Cuba. 5p.

Murgido, C. y Pla, D. 1992. Metodología para la señalización de los minadores de las hojas de la papa. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. MINAG. Cuba. 3p.

Pérez Consuegra Nilda, 2004. Manejo ecológico de plagas. La Habana Cuba. Ediciones CEDAR. 296 Pág.

Rodríguez, S. y Gómez Guadalupe. 1989. Metodología para el pronóstico de *Phytophthora infestans* en la papa. Centro nacional de Sanidad Vegetal. MINAG. Cuba. 5p.

Tamaki, G.; B. Annis. ; M. Weiss. 1981. Responses of natural of natural enemies to the green peach aphid in different plant cultures. *Environmental Entomology* 10:375-378.

Vásquez, L. L.; J. A. Castellanos. 1997. Desarrollo del control biológico de plagas en la agricultura cubana. *Agroenfoque* 91: 14-15.