



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

“Métodos de Control de Plagas”

Carrera: Ingeniería en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal



*Autor: Dr. Edgardo Jiménez M.
(Ph.D Entomología)*

Managua, Nicaragua
Abril, 2009

DEDICATORIA

A mis hijas:

Maria Gabriela Jiménez Acuña

Maried de los Ángeles Jiménez Acuña

COLABORADORES

MSc. Víctor Sandino Díaz

MSc. Nicolás Valle Gómez

PRESENTACIÓN

La Universidad Nacional Agraria (UNA) que promueve el desarrollo sostenible en el área agropecuaria y forestal a nivel nacional pone en manos de toda la sociedad Nicaragüense la primera edición del libro “Métodos de Control de Plagas”. Este libro texto de asignatura tiene como objetivo general divulgar información básica necesaria acerca de los métodos de manejo de las principales plagas agrícolas y forestales con un enfoque ecológico, moderno y sostenible. El propósito de este libro es apoyar a estudiantes, técnicos y productores en el manejo ecológico de plagas sin perder el enfoque integral auto-sostenible desde la perspectiva agro-ecológica. Este libro fue diseñado como una herramienta de consulta, útil en el manejo integrado y ecológico de plagas para que sea consultado y puesto en práctica; este texto ha sido escrito en un lenguaje sencillo, práctico y técnico y está enfocado como texto de consulta para estudiantes de las ciencias agrarias, profesionales agrarios, técnicos y productores. Este libro contó con la colaboración de destacados docentes e investigadores del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF) de la UNA. El libro podrá ser utilizado como una guía de trabajo y estudio para estudiantes de Nicaragua y otros países donde las plagas se han convertido en problemas serios en la agricultura.

Dr. Edgardo Jiménez-Martínez

(Ph.D. En Entomología)

Docente investigador en Entomología

Coordinador de postgrado

Coordinador del programa UNA-SLU-PhD

Departamento de Protección Agrícola y Forestal

Facultad de Agronomía

Universidad Nacional Agraria

ÍNDICE

No.	CONTENIDO	Página
I.	INTRODUCCION.....	6
1.1.	La agricultura desde un enfoque de sistemas.....	6
1.2.	Subsistemas presentes en los agroecosistemas.....	7
1.3.	Políticas agropecuarias y manejo de plagas.....	11
1.4.	Concepto de plagas y su clasificación.....	12
1.5.	Clasificación de las plagas de acuerdo a su naturaleza, tipo de daño que ocasiona, hábito alimenticio y su importancia.....	13
1.5.1.	De acuerdo a su naturaleza.....	13
1.5.2.	Clases de plagas.....	14
1.5.3.	Tipo de daño que ocasionan.....	14
1.5.4.	De acuerdo a su hábito alimenticio.....	14
1.6.	Manejo integrado <i>versus</i> Control integrado.....	16
1.7.	El Control Natural.....	17
1.7.1.	Factores de control.....	17
1.7.2.	Factores que favorecen la acción de enemigos naturales.....	21
1.8.	Control aplicado.....	21
II.	ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS DE MANEJO DE PLAGAS.....	22
2.1.	Estrategias de control.....	22
2.1.1.	Prevención.....	22
2.1.2.	Supresión.....	22
2.1.3.	Erradicación.....	22
2.2.	Tácticas de manejo de plagas.....	22
III.	MÉTODOS DIRECTOS DE MANEJO DE PLAGAS.....	24
3.1.	Métodos biológicos y microbiales.....	24
3.1.1.	Introducción.....	24
3.1.2.	Cría de depredadores y parasitoides.....	24
3.1.3.	Producción de patógenos de plagas.....	24
3.1.3.1.	Los hongos entomopatógenos.....	25
3.1.3.2.	Multiplicación artesanal.....	26
3.1.3.3.	Producción semi-industrial.....	26
3.1.3.4.	Aislamiento.....	27
3.1.3.5.	Cultivos puros.....	28
3.1.3.6.	Incubación del cultivo.....	29
3.1.3.7.	Matrices y bolsas.....	29
3.1.3.8.	Inoculación de matrices.....	30
3.1.3.9.	Incubación de matrices.....	30
3.1.3.10.	Inoculación de bolsas.....	30
3.1.3.11.	Incubación de bolsas.....	31
3.1.3.12.	Incubación de bandeja.....	32
3.1.3.13.	Proceso de secado.....	33
3.1.3.14.	Cosecha del hongo.....	33
3.1.3.15.	Evaluación de rendimiento.....	34
3.1.3.16.	Elaboración de formulaciones.....	35

No.	CONTENIDO	Página
3.1.3.17.	Control de calidad.....	38
3.1.3.18.	Control de calidad en la etapa de cepario.....	38
3.1.3.19.	Contaminantes más comunes.....	39
3.1.3.20.	Control de calidad de los cultivos puros.....	40
3.1.3.21.	Control de calidad en la etapa de producción.....	41
3.1.3.22.	Control de calidad de matriz.....	41
3.1.3.23.	Control de calidad de la bolsa.....	41
3.1.3.24.	Control de calidad del producto cosechado.....	42
3.1.3.25.	Control de calidad de la preservación en sílica gel.....	42
3.1.4.	Bacterias para el control biológico de plagas.....	44
3.1.4.1.	<i>Bacillus thuringiensis</i>	44
3.1.4.2.	Modo de acción del Bt.....	45
3.1.5.	Virus para el control biológico de plagas.....	45
3.1.5.1.	Modo de acción de los virus.....	45
3.1.5.2.	Uso de los virus.....	45
3.1.6.	Ventajas y Desventajas del Control Biológico.....	46
3.2.	Métodos físicos.....	46
3.2.1.	Introducción.....	46
3.2.2.	Solarización.....	47
3.2.3.	Uso de agua hirviendo.....	47
3.2.4.	Inundación.....	48
3.2.5.	Ventajas y desventajas del control físico.....	48
3.2.6.	Conclusiones.....	48
3.3.	Métodos químicos.....	49
3.3.1.	Introducción.....	49
3.3.2.	Clasificación de los plaguicidas.....	50
3.3.2.1.	Fungicidas.....	50
3.3.2.2.	Nematicidas.....	50
3.3.2.3.	Insecticidas.....	51
3.3.2.4.	Herbicidas.....	51
3.3.3.	Aplicación de plaguicidas.....	52
3.3.3.1.	Calibración.....	53
3.3.3.2.	Pasos para la aplicación de fungicidas e insecticidas.....	53
3.3.3.3.	Dosificación.....	53
3.3.4.	Ventajas y desventajas.....	56
3.4.	Métodos mecánicos.....	56
3.4.1.	Introducción.....	56
3.4.2.	Uso de trampas.....	57
3.4.2.1.	Efectos del uso de trampas amarillas.....	58
3.4.3.	Uso combinado de trampas móviles y trampas fijas.....	58
3.4.3.1.	Trampas amarillas fijas.....	58
3.4.3.2.	Trampas amarillas móviles.....	58
3.4.3.3.	Uso de trampas amarillas en semillero.....	59
3.4.3.4.	Trampas cromáticas.....	59
3.4.4.	Captura directa.....	59
3.4.5.	Control mecánico de malezas.....	60

No.	CONTENIDO	Página
3.4.6.	Ventajas y desventajas.....	61
3.5.	Métodos etológicos.....	61
3.5.1.	Introducción.....	61
3.5.2.	Usos de atrayentes en MIP.....	62
3.5.3.	Usos Misceláneos de feromonas para el control de picudos.....	64
3.5.4.	Manejo etológico del gorgojo del pino.....	65
3.5.4.1.	Introducción.....	65
3.5.4.2.	Feromonas.....	67
3.5.4.3.	Ventajas y desventajas.....	69
3.5.4.4.	Conclusiones.....	70
3.5.5.	Manejo etológico de la broca del café.....	70
3.5.5.1.	Función de las trampas.....	71
3.5.5.2.	Trampas artesanales.....	72
3.5.5.3.	Cantidad de trampas por hectárea.....	72
3.5.6.	Manejo de la mosca de la fruta.....	72
3.5.6.1.	Métodos de control.....	74
3.5.6.2.	Trampas atrayentes.....	76
IV.	MÉTODOS INDIRECTOS DE MANEJO DE PLAGAS.....	78
4.1.	Métodos culturales.....	78
4.1.1	Introducción.....	78
4.1.2.	Manipulación de la fecha de siembra.....	78
4.1.3.	Preparación de Suelo.....	80
4.1.4.	Rotación de Cultivos.....	80
4.1.5.	Cultivos Asociados.....	83
4.1.6.	Ventajas y desventajas.....	83
4.1.7.	Conclusiones.....	84
4.2.	Métodos Genéticos.....	84
4.2.1.	Introducción.....	84
4.2.2.	Manipulación de las plantas.....	85
4.2.3.	Mecanismos de resistencia.....	85
4.2.4.	Resistencia genética.....	86
4.2.4.1.	Resistencia vertical.....	87
4.2.4.2.	Resistencia horizontal.....	87
4.2.5.	Manipulación de las plagas.....	88
4.3.	Métodos legales.....	89
4.3.1.	Introducción.....	89
4.3.2.	Vigilancia fitosanitaria.....	89
4.3.3.	Cuarentena.....	90
4.3.4.	Movimiento de material vegetal.....	91
4.3.5.	Conclusiones.....	92
4.4.	Manejo integrado de plagas.....	92
4.4.1.	Características de las acciones MIP.....	93
4.4.1.1.	Acciones de supresión indirecta.....	93
4.4.1.2.	Acciones de supresión directa.....	93
4.4.2.	Desarrollo e implementación de las acciones MIP.....	93

No.	CONTENIDO	Página
V.	ELEMENTOS ÚTILES EN EL MANEJO DE PLAGAS	95
5.1.	El muestreo de plagas.....	95
5.1.1.	Principios básicos relacionados con el muestreo.....	97
5.1.2.	Poblaciones versus muestreo.....	98
5.1.3.	Pasos importantes en una planificación de muestreo.....	99
5.1.4.	Tipos de distribución espacial.....	100
5.1.4.1.	Distribución al azar ó fortuita.....	100
5.1.4.2.	Distribución uniforme ó regular.....	100
5.1.4.3.	Distribución agregada, agrupada ó amontonada.....	100
5.1.5.	Tipos de muestreo.....	100
5.1.5.1.	Muestreo absoluto.....	100
5.1.5.2.	Muestreo relativo.....	100
5.1.5.3.	Muestreo aleatorio.....	101
5.1.6.	Importancia de la aleatorización.....	101
5.1.7.	Muestreo al azar estratificado.....	101
5.1.8.	Tamaño y número de muestras a tomar.....	104
5.1.9.	Representatividad de un muestreo.....	104
5.1.10.	Problemas del muestreo.....	105
5.1.11.	Como cubrir un campo agrícola en un muestreo.....	105
5.1.12.	Sitios de muestreo.....	105
5.1.13.	Factores que se deben considerar en la elección y realización del método de Muestreo.....	107
5.1.14.	Muestreo de insectos con red ó malla entomológica.....	109
5.1.15.	Muestreo de insectos pequeños que viven en colonias.....	110
5.1.16.	Como ingresar a un campo agrícola para realizar los muestreos.....	111
5.2.	Niveles poblacionales de plagas.....	111
5.2.1.	Daño Económico.....	112
5.2.2.	Daño Económico y Límite de Daño.....	112
5.2.3.	Nivel de Daño Económico (NDE).....	113
5.2.3.1.	Cálculo del NDE.....	114
5.2.4.	Umbral Económico (UE).....	114
5.2.5.	Umbrales económicos fijos.....	115
5.2.6.	Umbrales económicos descriptivos.....	115
5.2.7.	Umbrales económicos dicotómicos.....	115
5.2.8.	El uso de umbrales de decisión y la calidad ambiental.....	116
5.2.9.	Limitaciones sobre los Umbrales Económicos y Niveles de Daño Económico.....	116
5.2.10.	Umbrales económicos para malezas.....	117
5.2.11.	Daño económico.....	119
5.2.12.	Nivel económico de daños (NED).....	120
5.2.13.	Umbral económico o umbral de tratamiento (UT).....	122
5.3.	Estudio de las dinámicas de las plagas (distribución espacial y temporal).....	123
5.4.	Efecto de los factores climáticos sobre la fluctuación poblacional.....	124
5.5.	Entendimiento de la relación plaga-hospedero.....	124
5.5.1.	Diversidad Biológica.....	125

No.	CONTENIDO	Página
5.5.2.	Características Morfológicas.....	125
5.5.3.	Características Biológicas.....	126
5.5.4.	Características Ecológicas.....	126
5.5.5.	Búsqueda del Hospedero.....	128
5.5.5.1	Necesidad del alimento.....	128
5.5.5.2.	Mecanismos de búsqueda.....	129
5.5.5.3.	Señales de atracción.....	130
5.5.5.4.	Indicaciones ópticas.....	131
5.5.5.5.	Indicaciones olfatorias.....	132
5.5.5.6.	Indicaciones gustativas.....	132
5.5.5.7.	Condiciones táctiles.....	132
5.5.5.8.	Mecanismos sensoriales.....	133
5.5.5.9.	Manipulación de las señales.....	134
VI.	CONSECUENCIAS ASOCIADAS AL MANEJO DE PLAGAS.....	135
6.1.	Introducción.....	135
6.2.	Efectos Agroecológicos.....	135
6.2.1.	Surgimiento de nuevas plagas.....	135
6.2.2.	Desarrollo de resistencia.....	136
6.2.3.	Destrucción de enemigos naturales.....	136
6.2.4.	Destrucción de polinizadores.....	137
6.3.	Efectos Ambientales.....	137
6.3.1.	Contaminación de suelos.....	137
6.3.2.	Contaminación de aguas.....	137
6.3.3.	Cadena trófica.....	138
6.3.4.	Efectos sobre la Salud.....	138
VII.	LITERATURA CONSULTADA.....	139

I. INTRODUCCION

Un entendimiento profundo de la biología y ecología de los organismos presentes en el agroecosistema resulta en la habilidad de manipularlos y dirigirlos. En el control tradicional simplemente se reacciona, suprimiendo la plaga cuando alcanza altas poblaciones. La comprensión de las estrategias de supervivencia de los organismos que amenazan nuestro bienestar involucra el conocimiento de la plaga y sus interacciones con el ambiente haciendo más fácil diseñar y aplicar los procedimientos de manejo.

Es posible tener un entendimiento de los insectos sin verlos como parte integral del agroecosistema que está íntimamente interconectado a los elementos del sistema. Cuando un componente es perturbado otros componentes son modificados.

El hombre es el principal Agente modificador de los agroecosistemas, induce alternación al tratar de resolver sus necesidades de alimentación cada vez mayores y dado el aumento constante de las normas de calidad para los productos en el mundo entero, por tanto, La intervención del hombre modifica el balance natural anteriormente descrito. Debido a la creciente necesidad de alimentos el hombre ha recurrido a sembrar grandes extensiones de tierra y cultivarlas, regarlas, etc. Esto rompe toda la relación que existe en una comunidad. Una característica del agroecosistema es que el cultivo es su principal componente con poca diversidad de especies vegetales o sea existe una uniformidad genética en las especies cultivadas que se manifiesta en su fisiología, fenología y estructura. Desde el momento que el hombre le proporciona a las plagas sólo una especie vegetal se rompe el balance. Las plagas especializadas en consumir esa especie vegetal van a proliferar. A partir de ahí se requiere utilizar medidas de control y si estas no son las más apropiadas, el desbalance natural aumenta al eliminarse los enemigos naturales de esta y otras plagas que puedan convertirse en plagas de primer orden. Como ejemplo reciente tenemos especies de organismos pequeños como trips, moscas blancas, minadores, ácaros etc. que tienden a ser las plagas de actualidad.

Al comparar lo que existe en un agroecosistema y en un ecosistema natural vemos que algunas cosas han sido totalmente modificadas. La competencia por el alimento es diferente, en el ecosistema está regulado para todas las especies, en el agroecosistema está abundante para pocas especies; El microclima varía al modificarse el entorno influyendo en las especies de plagas y en las especies benéficas; En cuanto a la presencia de enemigos naturales, en un ecosistema se encuentran grandes cantidades de enemigos naturales porque esa ha sido su forma de convivencia, en el agroecosistema estos enemigos naturales han sido perturbados, y eliminados.

1.1. La agricultura desde un enfoque de sistemas

La definición de sistemas nos dice que un sistema es un arreglo de componentes físicos que interactúan entre si y se comportan como una unidad o un todo. Es importante distinguir entre lo que es un “grupo” de componentes y un verdadero “sistema”. En el primer caso, los componentes están juntos pero no tienen ninguna interacción entre si (Ej. Una cajilla de gaseosas, un paquete de cigarrillos); en el segundo caso los componentes interactúan entre sí y el resultado final de la interacción (como un todo) se le conoce como salidas (Ej. Motor de combustión interna). Si tomamos el ejemplo del segundo caso, vemos que para su funcionamiento, el motor emplea gasolina, lo cual recibe el nombre genérico de entradas.

Del análisis hecho anteriormente podemos concluir que los elementos de un sistema son:

1. Entradas
2. Salidas
3. Límites
4. Componentes
5. Interacción entre componentes

Se ha ido argumentando que el marco conceptual del enfoque de sistemas tiene ventajas comparativas en el nuevo escenario. La noción de que las interacciones y las dinámicas de los componentes de un sistema, no se expresan aditivamente en la definición del resultado final de un proceso, y la idea que los sistemas están jerárquicamente relacionados "hacia arriba" y "hacia abajo", de tal forma que los procesos agrícolas tienen manifestaciones globales y locales, son dos conceptos importantes del enfoque de sistemas que son particularmente pertinentes bajo las nuevas condiciones de la agricultura de Nicaragua.

Adicionalmente, el trabajo práctico de las últimas dos décadas (1988-2008) ha entrenado cientos de profesionales y técnicos en sistemas de producción, al punto que existe una capacidad nacional significativa en el uso de enfoques metodológicos que son muy apropiados en el nuevo escenario. En particular la habilidad de trabajar en el campo con pequeños agricultores es un capital invaluable.

El desafío actual es desarrollar nuevas estrategias, nuevos métodos, nuevas combinaciones de los instrumentos ya aprobados y lo primero y más importante, que aquellos que están encargados de dirigir y aplicar el concepto de sistemas en programas y proyectos de instituciones, adopten una nueva imagen y una nueva mentalidad.

La tarea es reinstrumentar el enfoque de sistemas, para ganar una nueva eficiencia y eficacia en la investigación y desarrollo de sistemas agrícolas competitivos, sostenibles y equitativos.

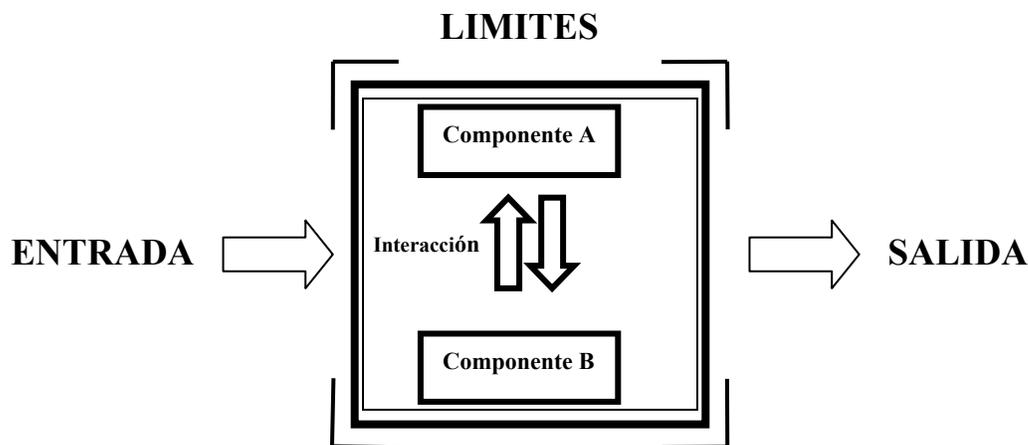
1.2. Subsistemas presentes en los agroecosistemas

En un agroecosistema de plantas, los componentes son las poblaciones que conforman la comunidad biótica (suelo, plantas cultivadas y no cultivadas, insectos plagas y benéficos, microorganismos patogénicos y benéficos) estos componentes se pueden dividir en subconjuntos que funcionan como una unidad y por lo tanto se pueden denominar subsistemas del agroecosistema.



Agroecosistema con cultivos diversificados dentro de un paisaje natural.

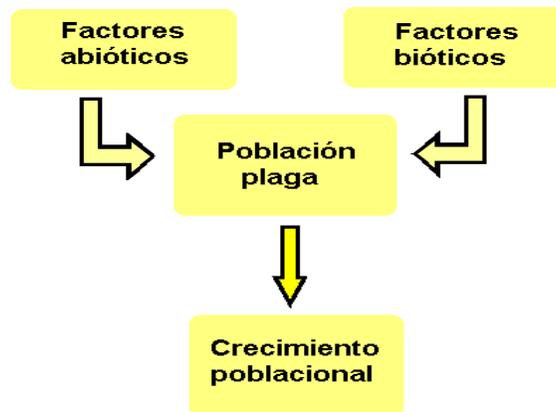
Los agroecosistemas pueden recibir entradas de fuera del mismo tales como semillas, fertilizantes, lluvia, etc. Todos los componentes mencionados en la lista anterior interactúan entre sí y como resultado de tales interacciones se produce la cosecha que constituye una salida.



La siguiente figura ilustra los elementos que componen un sistema de cualquier índole

En resumen, la cosecha no depende únicamente de la planta cultivada, viéndola de manera aislada, sino de las complejas interacciones de todos los componentes de los agroecosistemas. Bajo una concepción estrictamente antropocéntrica, el mayor interés en los agroecosistemas es que produzcan la máxima cosecha posible, de acuerdo al potencial genético de la planta cultivada. Uno de los factores negativos que afectan los rendimientos de las plantas cultivadas son los insectos plagas y es por eso el interés del ser humano de contrarrestar su acción detrimental sobre los cultivos.

En ese sentido, el componente insectos fitófagos se convierte en una población plaga cuando crece y alcanza a producir pérdidas de índole económica, sobrepasando lo que conocemos el Nivel de Daño Económico (NDE). El crecimiento de cualquier población se da a merced de dos grupos de factores: 1. factores abióticos (suelo, topografía y clima) y 2. Factores bióticos. Los factores bióticos a su vez se pueden clasificar en: 1. factores intrínsecos (relativos a la población de interés) o extrínsecos (relativos a otras poblaciones que conviven dentro del mismo Agroecosistema y que ejercen influencias sobre la población plaga).



Factores bióticos y abióticos y su influencia sobre el crecimiento poblacional de una especie plaga.

Cantidad y calidad del alimento.

En el caso de los agroecosistemas, la disponibilidad de alimento para una especie plaga no puede considerarse como limitante para su crecimiento poblacional, en virtud de la abundancia representada por las plantas sembradas. Esta falta de limitación siempre hará referencia al tamaño poblacional que nos interesa desde el punto de vista económico, ya que las plantas disponibles y la corta permanencia de la mayoría de los cultivos, permitirá un crecimiento significativo de la población en cuanto al daño infringido, sin que se agoten los recursos alimenticios utilizados por la especie plaga.

La calidad del alimento es otro factor que en el caso de los agroecosistemas puede ser manipulado para disminuir los niveles de población de la plaga que nos afecta.

Este elemento no sólo hace referencia al valor nutricional del cultivo para la plaga, el cual puede ser modificado a través de la fertilización y del riego, sino a las características físicas y químicas de la planta, ejerciendo efectos sobre su selección y posterior utilización como alimento.

Clima

El clima, como resultante de los diferentes componentes meteorológicos actuantes en un determinado agroecosistema, juega un importante papel sobre los procesos vitales de las poblaciones. En primer lugar, el clima establece el marco en el que se desarrollarán las poblaciones, tanto de las plagas como de sus enemigos naturales; cada especie animal tiene unos

rangos climáticos, no sólo para la vida sino para las diversas actividades que esa vida implica, por lo que variaciones del mismo se reflejan en la eficiencia del cumplimiento de esas actividades. En adición, los componentes del clima pueden jugar un importante papel como agentes de mortalidad natural, actuando directamente y/o favoreciendo la actividad de otros.

Competencia Intra-específica.

La competencia entre individuos de una misma especie es un hecho que se presenta sólo en poblaciones que han alcanzado unos niveles muy elevados en cantidad, situación en la cual la lucha por alimento y espacio, impedirá la continuación del crecimiento poblacional y regresará la población al nivel que los recursos del ambiente puedan soportar.

Competencia Inter-específica

La competencia entre individuos de diferentes especies es un hecho que se da aun a niveles moderados de población, cuando se encuentran en un mismo hábitat dos o más especies que utilizan recursos comunes. Si la coincidencia entre las especies, en cuanto a utilización de los recursos disponibles, es idéntica, estaremos en presencia de verdaderos homólogos ecológicos, y sólo en esta situación podremos observar la posibilidad del desplazamiento competitivo de una de las especies involucradas (DeBach y Sundbay, 1963).

Este tipo de competencia no se ha probado como importante desde el punto de vista de las plagas agrícolas, aunque ha permitido teorizar sobre la posibilidad de reemplazar una especie plaga por otra también plaga, pero con menor capacidad de daño o con mayor facilidad de control.

En el caso de los enemigos naturales, Huffaker *et al.* (1971) le restan importancia práctica al efecto y señalan que si un enemigo natural que ejercía una buena regulación es reemplazado por otro, esto significa que el nuevo es más efectivo y que por lo tanto ejercerá un mejor nivel de control.

Enemigos Naturales.

La presencia de enemigos naturales en cualquier ecosistema se ha demostrado importante para la regularización numérica de las especies que le sirven de hospedera

Según sean las respuestas en la capacidad de mortalidad del enemigo natural en relación a los cambios de densidad de la población plaga se acostumbra a clasificarlas en: directamente dependientes, retrasadamente dependientes o inversamente dependientes.

La acción será directamente dependiente de la densidad cuando a aumentos en la población de la plaga se observen aumentos en la capacidad de mortalidad del enemigo natural, bien sea porque cada individuo consume o elimina más hospederos o porque se produce un aumento en el número de individuos ejerciendo sus funciones. Será retardadamente dependiente de la densidad cuando el aumento en la capacidad de mortalidad del enemigo natural se hace presente en las siguientes o subsiguientes generaciones como resultado de un aumento en su capacidad reproductiva. Hablaremos de efectos inversamente dependientes de la densidad cuando aumentos en la

densidad de la población plaga se ven acompañados por disminuciones en la capacidad de mortalidad del enemigo natural.

La efectividad de un enemigo natural no es constante, está más bien en función de las condiciones prevalecientes en una determinada circunstancia. El rango de densidad poblacional sobre el que actúan eficientemente es variable según la especie, lo que explica que hayan buenos enemigos naturales para niveles de población bajos de la plaga y viceversa, así como un buen enemigo natural no lo sea en toda la extensión de la distribución geográfica de una plaga. Según Huffaker *et al.* (1971) existe "el mejor" enemigo natural para cada hábitat y éste puede no ser siempre el mismo, por lo que la aceptación o rechazo de una especie de enemigo natural a priori puede conducir a fracasos en los programas de importación y liberación de enemigos naturales.

Plaguicidas

De todos los nombrados, éste es el único factor que no tiene carácter natural, pero que debido a su presencia dentro de los agroecosistemas ha pasado a constituirse en un elemento familiar, de impacto sobre las poblaciones animales presentes y al que hay que conocer si se desea extraerle el máximo beneficio con el mínimo de efectos colaterales indeseables.

Los plaguicidas órgano-sintéticos ingresaron a los sistemas agrícolas desde finales de la década de los años 40 y aunque su carácter de elemento milagroso se ha desvirtuado con el tiempo a la luz de los problemas que han generado, estamos convencidos de que su presencia está garantizada en virtud de las innegables ventajas que representan a la hora de reducir rápidamente las Poblaciones plaga.

El conocimiento detallado de sus características y efectos, no sólo sobre las plagas, sino sobre el ambiente en general, debe conducirnos a un uso más eficiente de estos productos, que nos permita su aplicación sólo cuando sea necesario y en estos casos, aplicar dosis mínimas y mediante las técnicas más efectivas con la seguridad de que se alcanzará el objetivo de poner en contacto al producto con la plaga.

1.3. Políticas agropecuarias y manejo de plagas.

Cuando hablamos de "políticas agropecuarias" nos referimos a aquel conjunto de directrices estratégicamente diseñadas para conducir el desarrollo agropecuario de un país. Las políticas abarcan disposiciones regulatorias, legales y de fomento de la producción agropecuaria.

En Nicaragua, al menos a partir de la segunda mitad del siglo XX, las políticas del agro han estado dirigidas a fomentar la tecnología mas avanzada como factor fundamental de avance de la producción, bajo la lógica que una tecnología de "punta" nos provee los resultados productivos mejores. En ese marco, la ola de la "Revolución Verde" fomentó el empleo de variedades de alto rendimiento acompañadas de un paquete tecnológico de empleo de insumos externos a los agroecosistemas. El caso del algodón se inscribe en este marco y es de sobra conocido por sus efectos negativos a los suelos, ambiente, salud pública, recursos naturales y economía del país. Si bien el derrocamiento de la dictadura somocista, produjo profundos cambios en el agro nicaragüense, la idea de la tecnología de punta como factor fundamental del avance de la producción agrícola sobrevivió. Durante los años 80 se fomentó el uso de agroquímicos, que

incluyeron a los plaguicidas químicos, mediante la venta de los mismos, subsidiada por el estado. Como consecuencia se aumentó la importación y uso de los plaguicidas químicos que eran vendidos a precios muy inferiores (casi de regalo) que los del resto del área centroamericana. Esta situación agudizó aun más los problemas agroecológicos, sociales y económicos ya desatados en las décadas de los 50`s, 60`s y 70`s.

Entre los problemas suscitados por tales políticas están:

1. Problemas agroecológicos: contaminación y degradación de los suelos, resurgencia y resistencia de plagas, eliminación de enemigos naturales y otros.
2. Problemas ambientales: Contaminación de cuerpos de agua y envenenamiento de la fauna, erosión de suelos y contaminación atmosférica.
3. Problemas de salud pública: Intoxicaciones agudas, enfermedades resultantes de intoxicaciones crónicas (cáncer, esterilidad, enfermedades hepáticas y renales, etc.), aumento de la malaria, etc.
4. Problemas económicos: Uso de divisas para compra de plaguicidas.
5. Dependencia tecnológica: El uso de insumos importados del extranjero agudizó la dependencia tecnológica en relación a los países desarrollados, los cuales aseguran un mercado para sus productos agroquímicos.

Las administraciones posteriores a los años 80`s no hicieron prácticamente nada por superar esta situación lo que nos motiva a decir que los gobiernos actuales visualizan los sistemas productivos como “fábricas” de productos agropecuarios para ser consumidos localmente o exportados. En este sentido, el uso de semillas de variedades de alto rendimiento y empleo de agroquímicos, es visto como la solución del problema. Es decir que la tendencia es a fomentar los sistemas de producción intensivos en insumos importados y capital, en vez de perseguir la optimización del uso de la tierra bajo sistemas intensivos en mano de obra y recursos locales. Los primeros sistemas han mostrado ser factores de degradación de los recursos naturales y del fracaso de los productores que terminan abandonando sus cultivos por la incapacidad técnica de manejar las plagas y con grandes deudas ante los grupos financieros del mercado nacional de capitales.

1.4. Concepto de plaga y su clasificación

Un solo insecto no constituye una plaga y no es cualquier insecto que en realidad es una plaga. Por tal razón conviene entender claramente el concepto de plaga, el cual no solo tiene connotación económica, sino también ecológica. De tal entendimiento se derivan los diferentes enfoques (estrategias) y herramientas (tácticas) de manejo de plagas.

Cuando pensamos en la palabra plaga se nos viene a la mente cualquier insecto que se alimenta de plantas y por tanto es potencialmente dañino. La palabra plaga implica, para la mayoría de agricultores, una acción de control sobre la misma para anular o minimizar los daños al cultivo de interés y las pérdidas que se pueden derivar de la acción depredadora de el insecto denominado como plaga.

Un concepto moderno de plaga es el siguiente:

“Plaga es toda aquella población de insectos que ataca a los cultivos establecidos por los seres humanos y cuyo nivel poblacional sube hasta producir una reducción o anulación del rendimiento del cultivo y pérdidas económicas”.

En este concepto van implícitos tres aspectos:

1. Naturaleza fitófaga de la población plaga
2. Nivel “alto” de la población plaga
3. Afectaciones al rendimiento y pérdidas económicas

Analizando lo anterior podemos decir que, a reserva de su naturaleza fitófaga, una población de insectos solo adquiere el estatus de plaga cuando su nivel poblacional sube hasta perjudicar el cultivo ocasionando pérdidas económicas.

Ateniéndonos a tal situación, las plagas se pueden clasificar con respecto al nivel poblacional que alcanzan. Esa posición está referida en relación al nivel poblacional conocido como Nivel de Daño Económico (NDE).

Una población de insectos está normalmente en un equilibrio dinámico, es decir fluctuando alrededor de un nivel poblacional promedio típico de la especie conocido como “Posición General de Equilibrio” (PGE). La posición general de equilibrio es el nivel poblacional promedio que alcanza una población en el tiempo.

De acuerdo al comportamiento de la plaga y la importancia que esta tiene para el productor, podemos clasificar a las plagas en tres categorías: **plagas claves** como las de mayor.

Importancia para el agricultor, ya que siempre se presentan y causan pérdidas considerables tanto en la producción como en costos de su manejo; **plagas ocasionales** como aquellas que aunque pueden causar pérdidas importantes, se presentan solo ocasionalmente (no siempre); y **plagas secundarias** las cuales aunque pueden estar presentes siempre, las pérdidas que ocasionan no son muy significativas.

En las plagas se distinguen dos grupos de animales, invertebrados (los que no tienen esqueletos, insectos y ácaros) y vertebrados (que tienen esqueleto perfectamente desarrollado, mamíferos y aves).

1.5. Clasificación de las plagas de acuerdo a su naturaleza, tipo de daño que ocasiona, hábito alimenticio y su importancia.

1.5.1. De acuerdo a su naturaleza

De acuerdo al comportamiento de la plaga y la importancia que esta tiene para el productor, podemos clasificar a las plagas en tres categorías: **plagas claves** como las de mayor importancia para el agricultor, ya que siempre se presentan y causan pérdidas considerables tanto en la producción como en costos de su manejo; **plagas ocasionales** como aquellas que aunque pueden

causar pérdidas importantes, se presentan solo ocasionalmente (no siempre); y **plagas secundarias** las cuales aunque pueden estar presentes siempre, las pérdidas que ocasionan no son muy significativas.

1.5.2. Clases de plagas

- Plagas nativas en cultivos nativos se quedaron durante domesticación.
- Plagas introducidas en cultivos nativos poco comunes plagas no se pre-adaptan.
- Plagas nativas en cultivos introducidos muy comunes, plaga “adopta” cultivo nuevo.
- Plagas introducidas en cultivos introducidos, estas plagas vienen presentes con el cultivo introducido.

Las plagas en general, abarcan grupos de patógenos como hongos, bacterias, nematodos, grupos de artrópodos como ácaros e insectos, así como al grupo de los virus. También existen otros grupos importantes de plagas que generalmente son menos estudiadas, como son: roedores, aves, moluscos, etc. Todos estos organismos compiten con el hombre por la alimentación, de manera que si el hombre no realiza control no sería posible obtener cosechas exitosamente.

Los síntomas de una planta dañada ayudan a determinar el tipo de plaga; el diagnóstico además debe considerar el tipo de insecto, su tamaño, forma y color. Para controlar una plaga se deberán desarrollar acciones de protección del cultivo y del producto cosechado y almacenado.

1.5.3. Tipo de daño que ocasionan

1. Plagas sub-económicas
2. Plagas ocasionales
3. Plagas permanentes
4. Plagas claves o severas

Se le llama plaga sub-económica aquella población de insectos fitófagos cuyo PGE (punto general de equilibrio) esta ubicada muy por debajo del NDE (nivel de daño económico) y que nunca llega, en su fluctuación, a tocar el NDE.

Se le llama plaga ocasional aquella población de insectos fitófagos cuya PGE esta ubicada por debajo del NDE y que eventualmente llega, en su fluctuación, a tocar el NDE.

Se le llama plaga permanente aquella población de insectos fitófagos cuya PGE esta ubicada por debajo del NDE pero tan cerca que en su fluctuación toca de manera permanente el NDE.

Se le llama plaga clave o severa aquella población de insectos fitófagos cuya PGE esta ubicada siempre por arriba del NDE. Este es el tipo de plagas más dañinas que existen y si no se controlan ocasionan severas pérdidas.

1.5.4. De acuerdo a su hábito alimenticio:

No todos los insectos se alimentan del mismo tipo de sustrato, el hábito alimenticio de los mismos es

muy diverso, encontrando grupos que se alimentan de plantas y subproductos; sangre; carne; residuos, estiércol, etc.



Insecto fitófago (saltamonte o chapulín) herbívoro masticador

El grupo que se alimenta de las plantas, lo constituyen los fitófagos o herbívoros y encontramos tres categorías: los masticadores, los succionadores y los formadores de agallas. Estas categorías son estrategias para ingerir sus alimentos. Dentro del grupo encontramos una clasificación basada en la abundancia de especies hospederas (plantas) que el insecto consume y éstos pueden ser: **Monófagos**, los que se alimentan de una sola especie; **Oligófagos**, los que se alimentan de varias especies de plantas relacionadas y los **Polífagos** que se alimentan de una amplia variedad de especies.

Los fitófagos masticadores también presentan diversidad en la parte de tejido vegetal del cual se alimentan y tienen sus propias preferencias: el follaje, raíces, flores, frutos, tallos. Los fitófagos succionadores se alimentan de los líquidos (savia) que extraen de las plantas según partes de su preferencia como: hojas, yemas, frutos, tallos. Los fitófagos formadores de agallas “pican” a la planta y hacen que éstas formen un hogar para ellos, dentro del cual no solo encuentran albergue, sino también alimento adecuado y abundante.

Económicamente es durante este proceso de alimentación que los fitófagos causan su daño a los cultivos. Al alimentarse del tejido vegetal los masticadores causan un daño directo que puede llegar a incidir, en la reducción del producto de la cosecha.

En el caso de los succionadores al alimentarse su principal daño no lo causan generalmente por la cantidad de savia que lo succionan de la planta, sino más bien por el hecho que muchos de ellos son vectores de patógenos causantes de enfermedades, así pues al alimentarse el insecto succionador deposita al patógeno dentro de la planta. Si la enfermedad se desarrolla causará una reducción en el producto de la cosecha.



Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) succionador

El grupo de los insectos que se alimentan de sangre establece sus interacciones para la función alimenticia con el hombre y con los animales. Muchas especies además de succionar sangre transmiten a sus hospederos patógenos, que causan enfermedades muy peligrosas. Los insectos que se alimentan de carne establecen su interacción alimenticia con el hombre, los animales y con otras especies de insectos.

Dentro del contexto ecológico es importante anotar la existencia en la naturaleza de insectos que literalmente se comen a otros insectos, actúan dentro del proceso de regulación poblacional y son llamados en general insectos benéficos y en particular constituyen los parásitos y los depredadores cada grupo tiene sus propias características generales.

La función ecológica de los insectos es muy importante para la conservación de especies de diversos grupos de organismos en el planeta, ellos forman parte directa de las cadenas tróficas, son parte crucial en procesos de descomposición orgánica, son fuentes de sustancias químicas para diversos fines, son de utilidad en la reproducción de ciertas especies vegetales mediante su acción como polinizadores.

1.6. Manejo integrado *versus* Control integrado

Aunque de manera muy simple podríamos definir MIP, como la combinación de los métodos de control con el fin de reducir las poblaciones plagas, existen conceptos más explícitos y toda una filosofía de MIP, sus bases, principios y su enfoque.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) ha sido definido de muchas formas. Sin embargo la mayoría de los conceptos que han surgido giran en torno a la obtención de cosechas de forma sostenible, sin causar daños al medio ambiente ni a la salud humana.

El control integrado es un vástago método ecológico de lucha contra las plagas en que se utiliza toda una serie de técnicas de control de forma coordinada. Los elementos de un sistema de control integrado de plagas pueden consistir en una variedad de métodos biológicos, químicos y de cultivos, con inclusión del empleo de variedades.

En su forma mas amplia, el control integrado abarca todas las plagas del ecosistema agrario, es decir insectos, patógenos, malas hiervas y aves, etc. Uno de los problemas con que se a tropezado al tratar el control integrado o la ordenación integrada de plagas ha sido que algunos no han comprendido el concepto y que otros no están de acuerdo sobre la definición.

1.7. El Control Natural

El control natural es indispensable para el control racional y rentable de insectos dañinos. Este resulta de los factores biológicos o físicos, siendo componente de todos los agroecosistemas.

El control natural ayuda a reducir las poblaciones de plagas reales y es la clave en la prevención de brotes de plagas potenciales. Todos los procedimientos de control usados deben secundar este control natural; si se interfiere con él, las consecuencias pueden ser desastrosas.

El control natural: consiste en la acción colectiva de factores ambientales físicos y bióticos que mantienen la plaga en cierto nivel oscilante por algún período de tiempo. Dentro de los componentes del control natural juegan un papel importante los factores del clima (lluvia, temperatura, viento) y los enemigos naturales (parásitos, depredadores y patógenos). Por tanto nuestras acciones de control aplicado deberían estar dirigidas a aprovechar estos factores de control de plagas.

1.7.1. Factores de control

Los enemigos naturales de las plagas (parasitoides, depredadores) son objeto de mucho interés para los programas MIP, pues el viraje que está tomando la agricultura frente a la crisis económica y ambiental está impulsando al mundo hacia la producción Agroecológica, con un enfoque racional que permita conciliar las necesidades alimenticias de la humanidad con la conservación de los ecosistemas naturales y con ello la biodiversidad. Por tanto, el Control natural es un instrumento fundamental en la búsqueda de un modelo alternativo de producción agrícola, entre otras necesidades no químicas, como parte de un modelo de manejo ecológico de plagas.



Coccinélido alimentándose de áfido

Los términos depredadores y parásitos se han utilizado por mucho tiempo y se comprende bien su significado general, pero el término **parasitoide** no ha sido definido, por lo que es conveniente distinguir entre parásito y parasitoide.

Parásito: Es un organismo generalmente más pequeño que el hospedero y por lo general uno solo no mata al hospedero, varios pueden molestar, debilitar y marchitar al hospedero ocasionándole la muerte (tenia, pulgas, piojos, mosquitos), los parásitos generalmente son estudiados como plagas.



Adulto de *Encarsia* sp. parasitoide de mosca blanca

Parasitoide: Generalmente se han incluido en la categoría de parásitos, pero son una clase especial de depredadores. A menudo tienen el mismo tamaño que su hospedero, lo matan y solo requieren de un hospedero para desarrollarse hasta adultos de vida libre, como en el caso de algunos himenópteros.



***Diadegma insultaré* (Cresson) avispa parasitoide de larvas maduras de *Plutella xylostella*.**

Los Parasitoides depositan sus huevos dentro, sobre o cerca de sus hospederos. Sus larvas devoran lentamente al hospedero, completando así su desarrollo, entre los parasitoides más comunes y utilizados están:

Descripción:

Huevo: El huevo está claro, y duro fácil de distinguir del cuerpo gordo del anfitrión cuando se diseca.



Capullo de *Diadegma insulare*

Larva: La larva de *Diadegma insulare* es blanca y puede ser notada más fácilmente en un anfitrión disecado debido a sus movimientos extensos. Parece dividida en segmentos fuertemente y lleva (1/4 de la longitud total de la larva) un estrecho corto "cola".



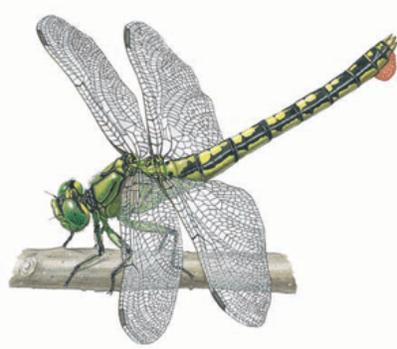
Larva de *Diadegma insulare*

Este parasitoide, provee una acción efectiva sobre poblaciones de *Plutella xylostella*.

Este insecto benéfico es muy importante en programas de control biológico e integrado de plagas. Los programas de liberación sucesiva combinados con prácticas agrícolas adecuadas aseguran el éxito del beneficio y su permanencia en campo.

Depredadores: Es un organismo de vida libre, el que a través de toda su vida mata a varias presas, generalmente es más grande que la presa y requiere más de una presa para completar su desarrollo, como algunas especies de *Coccinellidae*, insectos palos o arañas.

La depredación es común entre los insectos y los casos de más éxito en el control biológico han tenido que relacionarse con la depredación. En muchas especies, tanto los estados inmaduros como los adultos son depredadores.



Libélula (*Aeshana mixta*) Depredadora de insectos como: **mosca blanca, zancudos y de moscas pequeñas.**



Avispa (*Vespa Crabro*) depredadora de larvas de lepidópteros como: gusano cuerudo, cogollero, elotero y huevos de mariposas.

Hemíptero Pentatomidae.

Tienen la boca adaptada para chupar jugos de vegetales o de otros animales; en la mayoría de ellos las alas anteriores tienen una parte endurecida.

Depredador de áfidos y gusanos tiene la capacidad de controlar al cogollero por cada diez matas de tomate o diez de maíz.

Chinche hediondo (*Picromerus bidens*)

Es depredador de insectos plagas como de larvas de **Lepidopteras, caracoles, chocorrone, escarabajo de la papa y lombrices.** Ante el peligro no puede volar, por ello se para en dos patas y enseñan sus mandíbulas para defenderse a la vez tira una sustancia odorífica y se corre.



Chinche alimentándose de una larva

1.7.2. Factores que favorecen la acción de enemigos naturales

La presencia de enemigos naturales en cualquier ecosistema se ha demostrado importante para la regularización numérica de las especies que le sirven de hospedera.

Según sean las respuestas en la capacidad de mortalidad del enemigo natural en relación a los cambios de densidad de la población plaga se acostumbra a clasificarlas en: directamente dependientes, retrasadamente dependientes o inversamente dependientes.

La acción será directamente dependiente de la densidad cuando a aumentos en la población de la plaga se observen aumentos en la capacidad de mortalidad del enemigo natural, bien sea porque cada individuo consume o elimina más hospederos o porque se produce un aumento en el número de individuos ejerciendo sus funciones. Será retardadamente dependiente de la densidad cuando el aumento en la capacidad de mortalidad del enemigo natural se hace presente en las siguientes o subsiguientes generaciones como resultado de un aumento en su capacidad reproductiva. Hablaremos de efectos inversamente dependientes de la densidad cuando aumentos en la densidad de la población plaga se ven acompañados por disminuciones en la capacidad de mortalidad del enemigo natural.

La efectividad de un enemigo natural no es constante, está más bien en función de las condiciones prevalecientes en una determinada circunstancia. El rango de densidad poblacional sobre el que actúan eficientemente es variable según la especie, lo que explica que hayan buenos enemigos naturales para niveles de población bajos de la plaga y viceversa, así como un buen enemigo natural no lo sea en toda la extensión de la distribución geográfica de una plaga. Según Huffaker et al. (1971) existe "el mejor" enemigo natural para cada hábitat y éste puede no ser siempre el mismo, por lo que la aceptación o rechazo de una especie de enemigo natural a priori puede conducir a fracasos en los programas de importación y liberación de enemigos naturales.

1.8. Control aplicado

El control aplicado es aquel que incluye todas las actividades (profilácticas y/o terapéuticas) o tácticas que el hombre ejecuta para reducir los niveles de plaga.

Los tipos de control aplicado son: Cultural, Mecánico, Físico, Biológico, Genético, Químico y MIP.

II. ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS DE MANEJO DE PLAGAS

Estrategias: Es la actividad global encaminada a conseguir un objetivo.

2.1. Estrategias de control

Una estrategia es la meta fitosanitaria que se pretende lograr. Existen tres diferentes estrategias para el control de plagas, las cuales se describen a continuación.

2.1.1. Prevención: Consiste en mantener una plaga de manera que no se convierte en un problema, ya sea evitando su introducción de otros países o evitando su dispersión a otras zonas del país (cuarentena externa e interna). Esta estrategia ha predominado en entomología y control de malezas por dos razones: Primera, la incertidumbre asociada con la predicción de brotes obliga a los agricultores a asegurar el cultivo, aun si a veces los costos de este aseguramiento no son justificados. Segunda, ciertas técnicas tienen que ser aplicadas en una manera anticipada.

2.1.2. Supresión: consiste en la reducción del nivel de plaga o de daño a un nivel aceptable, de manera que no ocurran pérdidas económicas para el productor, entre algunas medidas de supresión podemos mencionar la aplicación de sustancias microbiales, el uso de plaguicidas, etc. La estrategia de supresión es aplicada cuando la población ha alcanzado una densidad no aceptable.

2.1.3. Erradicación: consiste en la destrucción/eliminación plena de una plaga en su área. Los gobiernos pueden emprender programas de erradicación usando liberaciones de machos estériles u otros procedimientos; tales esfuerzos, si son logrados, obvian la necesidad de manejar la especie. Entre los ejemplos de erradicación podemos mencionar la erradicación del Gusano barrenador (*Cochliomya hominivorax*) y la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*).

El gusano de las heridas o gusano barrenador, (*Cochliomya hominivorax*), es el ejemplo clásico de la erradicación de una plaga de un lugar por la **técnica de insectos estériles**.

El control de plagas, enfermedades y malas hierbas puede ser realizado a través de dos tipos: Control Natural y Control Aplicado. El control aplicado incluye todas las actividades (profilácticas y/o terapéuticas) o tácticas que el hombre ejecuta para reducir los niveles de plaga.

2.2. Tácticas de manejo de plagas

Tácticas: métodos de implementación de o acciones particulares dentro de una estrategia de manejo de plagas.

Existen diversos tipos de tácticas que pueden actuar preventiva y/o curativamente las cuales son:

Control Cultural: Son las prácticas de cultivo que pueden ser empleadas de manera que se creen condiciones desfavorables al desarrollo de la plaga, y favorables al desarrollo del cultivo ejemplo: Preparación de suelo, ajuste de fechas de siembra, rotación de cultivos, eliminación de malezas (hospedantes), actividades sanitarias, etc. El desarrollo de variedades resistentes constituye un elemento importante para el control, pero resulta muy costoso y se requiere de mucho tiempo para su obtención.

Control Mecánico: colecta manual y destrucción de plagas, tales como: insectos, ratas, malas hierbas. Esta es posible donde existe abundante mano de obra y que sea de bajo costo.

Control Físico: Este método se refiere al uso de factores, tales como: calor, frío, humedad, energía, sonido. Estos resultan muy sofisticados (costosos), por lo que su uso resulta imposible para pequeños agricultores o en países pobres. Sin embargo el tratamiento con agua caliente y/o calor solar (solarización) es común para tratar semillas y semilleros. En algunos países se usa el calor para el control de nematodos poniendo plásticos sobre el terreno.

Control Biológico: Consiste en la acción de enemigos naturales contra plagas y malas hierbas; sobre todo el uso de depredadores, insectos parásitos, hongos, bacterias, virus, nematodos etc. Este control resulta particularmente exitoso contra plagas importadas, trayendo su enemigo natural desde su lugar de origen. Muchos de estos enemigos naturales han sido manipulados, y en la actualidad se usan como formulados listos para ser aplicados. Algunos ejemplos: *Bacillus thuringiensis*, *Neumorea rileyi*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium* spp.

Control Genético: El método genético en control de plagas ha sido empleado de dos formas:

1. El cultivo puede ser manipulado genéticamente para incrementar su resistencia al ataque de las plagas.
2. Las plagas pueden ser sujetas a intervención genética con la introducción de masas de individuos con un genotipo seleccionado.

Las variedades resistentes constituyen uno de los métodos de control más exitoso en el caso de algunas enfermedades en cultivos de mucha importancia.

Regulaciones de Control: Esto se refiere a leyes cuarentenarias y otras legislaciones que emite el gobierno para evitar la introducción o dispersión de una plaga o enfermedad. Algunas de estas medidas cuarentenarias se establecen en puertos, aduanas, aeropuertos etc., con el fin de evitar la posible entrada de plagas, enfermedades que existen en otros países.

Control Químico: El uso de plaguicidas se ha convertido en el método de control más común debido a su rapidez y efectividad en el control de plagas, enfermedades y malezas, sin embargo estos traen complicaciones ambientales, agroecológicas y sobre la salud, entre estos tenemos: aumento de los problemas de resistencia, contaminación del ambiente, intoxicaciones agudas y crónicas, etc.

Manejo Integrado de Plagas: Aunque de manera muy simple podríamos definir MIP, como la combinación de los métodos de control con el fin de reducir las poblaciones plagas, existen conceptos más explícitos y toda una filosofía de MIP, sus bases, principios y su enfoque.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) ha sido definido de muchas formas. Sin embargo la mayoría de los conceptos que han surgido giran en torno a la obtención de cosechas de forma sostenible, sin causar daños al medio ambiente ni a la salud humana.

Otros actores reconocen otros tipos de tácticas siguientes:

- Manejo con enemigos naturales y agentes biológicos
- Manejo ecológico del ambiente del cultivo
- Uso de insecticidas convencionales
- Uso de plantas resistentes
- Manejo por modificación del desarrollo y comportamiento de los insecticidas

III. MÉTODOS DIRECTOS DE MANEJO DE PLAGAS

3.1. Métodos biológicos y microbiales

3.1.1. Introducción

Al igual que los seres humanos, animales y plantas, los insectos son afectados por microorganismos capaces de causar enfermedades y mortalidad en sus poblaciones, sin embargo la producción y utilización de estos organismos biológicos y microbiales requiere de muchos esfuerzos. Si bien es cierto, que existen productos comerciales y la investigación ha avanzado con relación al mejor conocimiento de la bioactividad controladora de estos microorganismos, se necesita de una mayor promoción de sus bondades para fomentar su empleo.

Las enfermedades que padecen los insectos, se han venido estudiando desde tiempos inmemorables, pero solo en las últimas tres décadas se les ha prestado considerable atención. Los microorganismos causantes de enfermedades en insectos son bacterias, hongos, amebas, rickettsias y protozoarios, el cupo se ha ampliado al incluir entre ellos a virus y nemátodos, que también son causa de enfermedades en insectos. El uso de entomopatógenos incluye tanto el manejo adecuado de microorganismos presentes para tomarlos más efectivos, como el uso de insecticidas microbiales, que son formulaciones comerciales de los entomopatógenos o sus productos tóxicos usados en el control de insectos. Desde un enfoque agroecológico los entomopatógenos representan una herramienta que ofrece bondades en el control de plagas y por tanto juegan un papel decisivo en la reducción de los insectos plagas.

3.1.2. Cría de depredadores y parasitoides

Una forma ampliamente practicada y conocida de control biológico involucra la cría masiva de parásitos o depredadores de insectos y oportunamente se liberan en el campo donde ellos pueden tener un efecto supresivo similar al de un insecticida. En otras ocasiones, las liberaciones pueden servir para restablecer la población de un enemigo natural diezmada por cataclismo.

Los depredadores y parasitoides juegan un papel muy importante en el control biológico de insectos plagas estos ayudan a reducir y mantener las poblaciones de insectos a niveles suficientemente bajos.

Los depredadores y parasitoides, tienen un gran valor en los programas de manejo integrado de plagas a nivel mundial, sin embargo las crías y liberaciones de enemigos naturales presuponen inversión en ciertas infraestructuras básicas, como son: cuartos de cría, equipos de cría y recolección, pago de personal etc.

3.1.3. Producción de patógenos de plagas

Los patógenos de plagas son organismos vivos, diminutos que se encuentran de forma natural en el campo (rastros de cultivos, estiércol, en el suelo, plantas, etc.) estos son capaces de causar enfermedades y producir sustancias que causan la muerte de las plagas que afectan nuestros cultivos. Las especies de patógenos más conocidas son:

1. **Hongos** (*Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus*, entre otros,

2. **Bacterias** (*Bacillus thuringiensis*)
3. **Virus** entre ellos el Virus de la poliedrosis nuclear (VPN)

3.1.3.1. Los hongos entomopatógenos

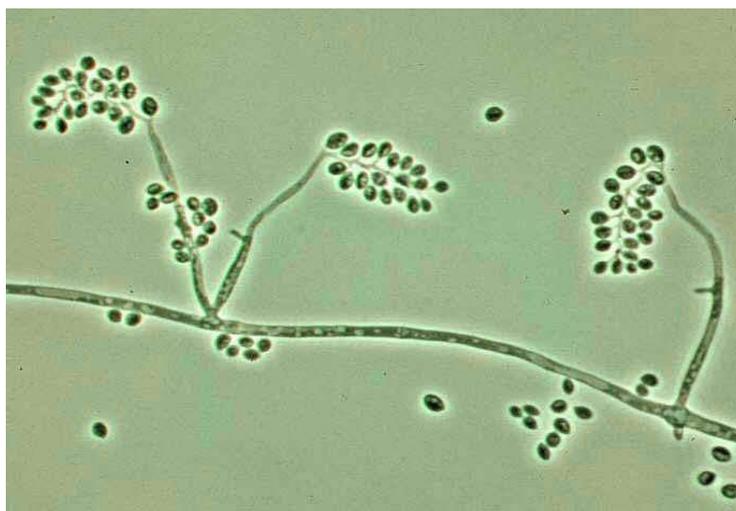
Los hongos entomopatógenos poseen extrema importancia en el control de ectoparásitos, virtualmente todos los ectoparásitos son susceptibles a las enfermedades fungosas y existen aproximadamente 700 especies de hongos entomopatógenos, y alrededor de 100 géneros.

Dentro de los mas importantes se mencionan: *Metarhizium spp*, *Beauveria spp*, *Aschersonia spp*, *Entomophthora spp*, *Zoophthora spp*, *Erynia spp*, *Eryniopsis spp*, *Akanthomyces spp*, *Fusarium spp*, *Hirsutella spp*, *Hymenostilbe spp*, *Paecilomyces spp* y *Verticillium spp*, pertenecientes a la clase Zygomycetes e Hyphomycetes. En nuestro país el patógeno más utilizado y producido son los hongos. *Metarhizium spp*, *Beauveria spp*.



Broca de café (*Hyphotenemus hampei*) afectada por *Beauveria bassiana*

La producción de hongos entomopatógenos para el control de plagas, se basa en la multiplicación masiva del hongo y sus estructuras reproductivas (esporas y/o conidias) en un sustrato natural.



Micelios, conidias y conidioforos de *Bauveria Bassiana*

Hasta la fecha se han evaluado diferentes tipos de sustratos naturales, principalmente arroz, trigo, maíz, frijol y soya. De éstos los que más se utilizan son el arroz y el trigo.

Producción de hongos puede seguir tres caminos: 1-cosecha de micelio para formulación, 2-inducción de la esporulación, 3- inoculación de matriz sólida (producción bifásica)

Existen tres métodos de producción de hongos entomopatógenos: artesanal, semi-industrial e industrial. El método de producción de hongos entomopatógenos que se emplean en el Laboratorio de hongos entomopatógenos de la UNA es el método de producción semi-industrial y multiplicación artesanal.

3.1.3.2. Multiplicación artesanal. Se inicia con un cultivo puro al que se le denomina “hongo patrón” o “semilla”. Este material es suministrado por el laboratorio a los talleres artesanales. Posteriormente, en los talleres se deposita arroz en bolsas de polipropileno y se pone a hervir por una hora durante tres días consecutivos. El arroz en bolsas es inoculado con el hongo patrón y se deja en condiciones ambientales hasta que el hongo logra colonizar el arroz. Cuando la bolsa de arroz es colonizada completamente, este es lavado con agua. El caldo o mezcla obtenida del lavado del arroz, se aplica para el control de las plagas.

3.1.3.3. Producción semi-industrial. El proceso de producción de hongos entomopatógenos por este método se realiza en varias fases, que van desde la obtención del cultivo puro hasta la formulación del producto. En general el proceso está organizado en dos etapas, la etapa de cepario y la etapa de producción. El tiempo empleado en desarrollar el proceso de producción es aproximadamente de un mes.

La etapa de cepario comprende el aislamiento de la cepa y la obtención del cultivo puro. Además se considera el mantenimiento, reactivación y preservación de las cepas. La etapa de producción comprende la preparación de los sustratos, inoculación e incubación de matrices y bolsas, el proceso de secado (bandeja), la cosecha del hongo y la preparación de las formulaciones.



Proceso de producción semi-industrial de hongos entomopatógenos

3.1.3.4. Aislamiento

Este paso consiste en la obtención del hongo a partir de la fuente de inóculo, la cual puede ser a partir de insectos, plantas; o medios artificiales como PDA (cajas de Petri, tubos de ensayo, etc.) o de preservación en seco como la sílica gel.



Fuente de inóculo, picudos del plátano (*Cosmopolites sordidus*) colonizados con *Bauveria bassiana*

A partir del aislamiento del hongo se procede a la inoculación de un medio de cultivo, para la obtención de un cultivo puro. Debido a que se trata del paso inicial del proceso de producción un error afecta todo el proceso. Por tal razón debemos estar seguros que el hongo aislado corresponde al hongo que nos interesa, además debe estar libre de contaminantes y tener buen vigor para su crecimiento.

El aislamiento de hongos entomopatógenos puede hacerse de dos maneras:

1- Aislamiento por dilución seriada: Es el método de aislamiento más utilizado, consiste en colocar un insecto esporulado en un recipiente que contiene 10 ml de agua destilada estéril con 0,1 % de Tween 80. La suspensión resultante se debe agitar considerablemente por 1 min, para que las conidias se desprendan del cuerpo del insecto. Lo que resulta de la mezcla es una suspensión concentrada del inóculo más otras partículas; esta suspensión es la solución madre.



Dilución seriada

A partir de esta solución, se preparan diluciones en serie (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}). La primera dilución (10^{-1}) se obtiene transfiriendo con una pipeta estéril 1 ml de la solución madre a un tubo que contiene 9 ml de agua destilada estéril con 0,01 % de Tween 80, éste se agita fuertemente durante 1 min.- Luego tomamos 1 ml de esta suspensión y la colocamos en otro tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril más 0,01 % de Tween 80, obteniendo así la segunda dilución. Este operación se repite varias veces hasta lograr obtener una serie de diluciones (10^{-1} hasta 10^{-6}). Para realizar la siembra y obtener los cultivos del hongo se deben usar las últimas diluciones (10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}).

2- Aislamiento directo: Esta técnica consiste en la obtención directa del hongo a partir del cuerpo del insecto, pasándolo luego a un medio nutritivo. Esta técnica es desventajosa debido a que las muestras que se toman del insecto pueden estar sucias y contaminar el aislamiento. Por esta razón se recomienda hacer una desinfección externa del insecto con hipoclorito de sodio (3-5%), enjuagándose con agua destilada estéril. Este tipo de aislamiento puede ser de dos formas: a. raspando partículas del hongo en un insecto desinfectado, utilizando un asa bacteriológica y pasándola en un medio nutritivo o b. con una pinza seca y estéril se toma el insecto esporulado desinfectado y se agita con movimientos verticales y horizontales, sobre la superficie del medio de cultivo.



Aislamiento directo

3.1.3.5. Cultivos puros

Corresponde a un reaislamiento del hongo a partir del cultivo o fuente de inóculo original. El inóculo se siembra o deposita en cajas de Petri que contienen el medio de cultivo PDA. Se le llama puro por estar presente únicamente el hongo de interés (sin contaminantes). El cultivo puro es la fuente de inóculo para iniciar el proceso de producción ya que es utilizado para la inoculación de matrices.



Cultivo puro

3.1.3.6. Incubación del cultivo

Después de realizar la inoculación, las cajas de Petri se colocan en los lugares de crecimiento a temperatura de 24 a 28 °C, durante un tiempo de 4 a 6 días. Durante este período se observa el crecimiento del micelio. Se deben realizar observaciones cada 48 horas para eliminar los contaminantes.

3.1.3.7. Matrices y bolsas

Después de obtener el cultivo puro se inicia el proceso de producción propiamente dicho, para lo cual se utiliza el arroz como sustrato de producción.

Para las etapas de matriz y bolsa, en el proceso de producción de hongos, se utiliza arroz entero precocido como sustrato natural, el cual es humedecido y esterilizado previamente para lograr un buen crecimiento del hongo al ser inoculado.

Para la preparación del arroz, se coloca un recipiente con agua en la estufa. Cuando el agua comienza a hervir se vierte el arroz y se mantiene durante 5 min (el arroz deberá tener una consistencia suave). Posteriormente, el arroz se pone a escurrir en una zaranda hasta que esté totalmente frío y seco, con el objetivo de procurar que las matrices no adquieran humedad.

Para la preparación de la matriz se usan recipientes de vidrio de 500 ml. Se utilizan 100 g de arroz en cada recipiente.

Las matrices son esterilizadas en el autoclave, durante 4-5 min, a 121 °C y 1,2 bares de presión. Una vez esterilizadas las matrices, éstas se agitan con el objetivo de evitar aglomeraciones de los gránulos de arroz, para lograr un crecimiento homogéneo del hongo sobre las matrices una vez inoculadas.

3.1.3.8. Inoculación de matrices

El objetivo de la matriz es reproducir el inóculo para la inoculación de las bolsas. Para realizar la inoculación de las matrices se prepara una suspensión de inóculo a partir del cultivo puro (PDA), este inóculo debe ser de buena calidad, es decir de buen crecimiento y libre de contaminantes.

El inóculo de las cajas es raspado con cuidado hasta obtener un polvo de conidias del hongo, éstas se colocan en 60 ml de agua destilada estéril, para formar una suspensión de conidias, que deberá presentar aproximadamente una concentración de 1×10^8 conidias.

La inoculación de las matrices se realiza con una jeringa usada para uso veterinario, la cual debe ser esterilizada a 121°C y 1,2 bar de presión. Se inoculan 15 cc de la suspensión del hongo por cada matriz que contiene 100 g de arroz precocido. La cantidad de inóculo obtenido a partir de una caja de Petri, es suficiente para inocular cuatro matrices.



Inoculación del hongo entomopatógeno en matriz

3.1.3.9. Incubación de matrices

Una vez preparadas y debidamente inoculadas, las matrices son incubadas en un cuarto oscuro a $24 - 28^\circ\text{C}$, por un período aproximado de 8 días. Durante este período el hongo se desarrolla y produce estructuras reproductivas.

3.1.3.10. Inoculación de bolsas

Las bolsas constituyen el medio de producción definitivo, ya que el hongo que se obtiene al final del proceso es el que crece durante esta etapa. La cantidad de arroz utilizada en la bolsa depende del tamaño de la bolsa, generalmente se usan 200 g por bolsa. Las bolsas son inoculadas con una suspensión de esporas obtenidas a partir de la matriz, para lo cual se deben preparar las bolsas y preparar el inóculo.

Para la preparación de las bolsas se depositan 200 g de arroz entero en bolsas plásticas de polipropileno y se les agregan 100 ml agua (destilada o potable), éstas se sellan debidamente para ser esterilizadas en el autoclave a 1,2 bar de presión y 121°C , durante 4 a 5 min. Después de esterilizar las bolsas, se debe agitar con el objetivo de evitar aglomeraciones, para que el inóculo se distribuya uniformemente en el arroz y se obtenga un crecimiento homogéneo.

Para la preparación del inóculo, a cada una de las matrices (colonizadas por el hongo) se les agregan 750 ml de agua destilada estéril al 0,1% de extravón y se agita el contenido, hasta obtener una suspensión de conidias, aproximadamente de 600 ml de suspensión.

Cada una de las bolsas de 200 g de arroz es inoculada con 20 cc de la suspensión, para lo cual se utiliza una jeringa veterinaria que tiene que ser esterilizada previamente. Con la suspensión de inóculo obtenida de cada matriz se inoculan aproximadamente 30 bolsas de 200 g.



Inoculación de hongo entomopatógeno en bolsa.

3.1.3.11. Incubación de bolsas

Las bolsas inoculadas se ubican en los cuartos de crecimiento donde pasan un período de 4 a 6 días, durante este período se revisan las bolsas diariamente, eliminando aquellas que presentan crecimiento lento y no uniforme, débil y las que están contaminadas.



Incubación de bolsas inoculadas con hongo entomopatógeno

3.1.3.12. Incubación de bandeja

Esta fase se inicia con la limpieza de bandejas plásticas, para lo cual se humedecen con alcohol y se flamean con un mechero.

Se seleccionan las bolsas de buena calidad, se abren y se depositan en las bandejas, colocando el contenido de 10 bolsas por cada bandeja.

El período de incubación es de aproximadamente 15 días y se desarrolla en 2 fases:

a. Tapado de bandeja: después de depositado el arroz en las bandejas éstas se sellan con cinta de papel pegante Maskin-Tape® con el objetivo de formar una cámara de oscuridad con alta humedad relativa para que el hongo continúe su proceso de crecimiento y esporulación. Esta fase dura aproximadamente 6 días.



b. Destapado de bandejas: una vez que el hongo cubre completamente los espacios del sustrato, se abren las bandejas para lograr eliminar rápidamente la humedad y acelerar el proceso de secado, el cual tarda al aire libre durante 12 a 15 días aproximadamente. El hongo está listo para la cosecha cuando se frota con el hongo entre los dedos y ocurre desprendimiento de conidias en forma de polvo.



3.1.3.13. Proceso de secado

El objetivo de esta fase es la eliminación de la humedad del hongo y su reproducción. El arroz contenido en las bolsas es depositado en bandejas plásticas que presentan orificios en el fondo, las que se colocan en un local a temperatura ambiente para que se sequen. Al inicio las bandejas se mantienen selladas y posteriormente se abren. El hongo está listo para cosecharse cuando el arroz tiene una humedad de aproximadamente 4 y 6%.



Secado en bandeja

3.1.3.14. Cosecha del hongo

La cosecha como parte del proceso de producción semi-industrial de hongos entomopatógenos, consiste en separar del sustrato (arroz) de las estructuras del hongo (conidias y/o esporas) para su posterior formulación.

El polvo que se obtiene contiene esporas y/o conidias y micelio, que son estructuras del hongo, más las partículas del sustrato de arroz.

Aunque hay equipos mecánicos para la cosecha de estos hongos en el proceso de producción a gran escala, en Nicaragua aún no han sido evaluados, por lo que actualmente la cosecha se realiza de forma manual, utilizando tamices más frotación. Este método de cosecha solo es práctico para la producción a pequeña escala.

El contenido de las bandejas (arroz colonizado), se deposita en un tamiz de 1 mm, luego por agitación y frotación, se separa el polvo de los granos de arroz. El material retenido por el tamiz se descarta y el polvo recolectado se deposita en recipientes para evaluar el rendimiento.

En condiciones ambientales las conidias cosechadas pueden ser afectadas por la luz, humedad y altas temperaturas; por lo que una vez cosechado el hongo se debe mantener en refrigeración para mantener su viabilidad por más tiempo.

Durante todo el proceso de producción, el control de calidad constituye un factor clave porque permite garantizar el proceso de producción (rendimiento), además que el producto obtenido es de calidad y se evita la pérdida de materiales y reactivos.

3.1.3.15. Evaluación de rendimiento

Al finalizar el proceso de producción se procede a evaluar el rendimiento, el cual se refiere a la cantidad de gramos de polvo cosechado y al número de conidias por gramo de polvo cosechado. A partir de este rendimiento se procede a estimar el rendimiento neto, para lo cual se debe conocer la viabilidad del hongo cosechado. Es decir, el proceso de evaluación de rendimiento se desarrolla en base a los siguientes pasos:

a. Determinación del peso del polvo cosechado: Consiste en pesar la cantidad de polvo cosechado por bandeja o por kg de arroz. Este rendimiento depende de la especie de hongo, cepa, así como del método de producción. En el proceso de producción semi-industrial este rendimiento puede variar entre 200 y 300 g de polvo/kg de arroz, aproximadamente. Por ejemplo, *B. bassiana* cepa Bb-64 produce 270 - 280 g de polvo/kg arroz; la cepa Bb-114 aproximadamente 220 g/kg arroz y la cepa NB aproximadamente 310 g/kg arroz.

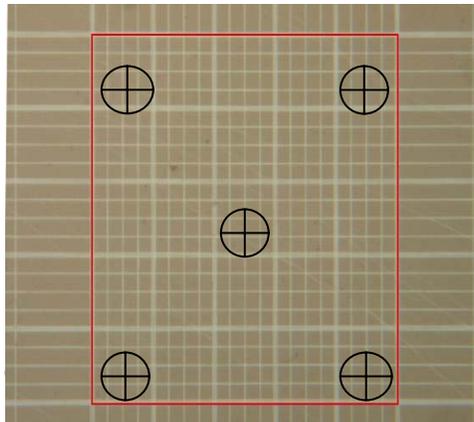
b. Conteo de conidias/ g de polvo cosechado: Para evaluar el número de conidias se debe utilizar una cámara de conteo (Neubauer). Este rendimiento está determinado por la cepa y por el estado de la misma y varía desde 5×10^3 hasta $2,5 \times 10^4$ conidias/g de polvo. Generalmente, las cepas de *B. bassiana* tiene mejor rendimiento que las de *M. anisopliae* y entre las cepas de una misma especie también existen diferencias de rendimiento.

Para el conteo de conidias se preparan diluciones en serie (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}) del hongo, hasta obtener una que permita realizar el conteo.

Para esto, la primera dilución se obtiene colocando 1 g de polvo cosechado en un tubo de ensayo que contiene 9 ml de agua destilada estéril con Tween 80 al 0,1%, la siguiente dilución se obtiene transfiriendo con una pipeta estéril 1 ml de la primera dilución a un tubo que contiene 9 ml de agua destilada estéril con 0,01 % de Tween 80, este se agita fuertemente durante 1 min., hasta lograr obtener una tercera suspensión de 10^{-3} . De esta manera se va procediendo hasta encontrar la dilución adecuada.

Cuando se tiene la dilución a contar, usando una pipeta Pasteur se toma una alícuota de la suspensión y se llena la cámara de conteo (Neubauer) y luego usando un microscopio se hace el conteo de conidias, este paso se repite varias veces hasta obtener un rendimiento promedio.

La cámara de conteo consiste en una lámina de cristal un poco más gruesa a la de un portaobjeto, la cual presenta una ranura en forma de H y contiene dos cámaras entre estas. Para facilitar el conteo, el fondo de la cámara tiene un rayado "Neubauer" y presenta 9 cuadros principales (C.P) de 1 mm por lado, de los cuales se puede contar el contenido de las cinco, los cuatro de las esquinas y el central.



Cámara de conteo de conidias

Para propágulos grandes se puede utilizar los cuadrados principales, pero para propágulos más pequeños como los de *B. bassiana* y *M. anisopliae* se usan los cuadrados secundarios del cuadro principal (C.P) central.

- 1) Evaluación de la viabilidad del hongo (porcentaje de germinación): Este paso tiene el objetivo de obtener la concentración del hongo, a partir de la cual se preparan las dosis a utilizar en el campo.

Para conocer la viabilidad del hongo se procede de acuerdo a los siguientes pasos:

Se esterilizan las cajas de Petri, con papel filtro y portaobjetos todos en conjunto, en el autoclave a 1.2 bar de presión y 121 °C.

Se prepara un medio de cultivo y se esteriliza durante un tiempo 15-17 min., posteriormente con una pipeta Pasteur se depositan dos alícuotas del medio de cultivo en un portaobjeto y con otra pipeta, se depositan sobre éstas, alícuotas de la suspensión del hongo. Después este montaje es colocado en una cámara húmeda, la cual consiste en una caja de Petri con papel filtro humedecido y se mantiene a temperatura entre los 24 y 26°C.

Las mediciones se realizan entre las 20 y 24 horas después de realizado el montaje. Se realizan las observaciones al microscopio utilizando el objetivo de 25 o 40X. Las variables que se miden son: número de conidias germinadas, número de conidias no germinadas y el total de conidias. Como mínimo se deben observar un total de 200 conidias por cada montaje.

Una vez que se tiene toda la información de rendimiento (número de conidias/g y viabilidad), se determina la cantidad de hongo cosechado (g de polvo) necesarios para alcanzar la dosis de campo que es equivalente a 10^{12} conidias/ha. Toda esta información del rendimiento es la base fundamental para proceder a realizar la formulación del hongo.

3.1.3.16. Elaboración de formulaciones:

La formulación del hongo es el proceso mediante el cual el ingrediente activo, es decir las conidias del hongo, se mezclan con materiales inertes, tales como vehículos, solventes, emulsificantes y otros aditivos. Estos materiales inertes ayudan a que el hongo trabaje mejor.

Todo esto se hace con el fin de lograr una buena homogeneidad y distribución de las partículas del hongo, para poder ser manipuladas y aplicadas adecuadamente.

Para ser formulado, la viabilidad del hongo no debe ser menor de 95% y el contenido de humedad debe estar entre 4 y 6 %. A temperatura ambiente las conidias mantienen su viabilidad por mayor tiempo cuando el hongo ha sido formulado que cuando se almacena el polvo sin formular.

Hay dos tipos de formulaciones:

a. seca o polvo mojable en la cual se utiliza un vehículo, el cual puede ser de origen mineral o vegetal, que ayude a absorber la humedad de las conidias y que mantiene la viabilidad por un tiempo considerable.



Formulación en polvo mojable

b. líquida o emulsificable que utiliza un líquido solvente y un emulsificante. El líquido utilizado tiene la función de mantener suspendidas las conidias en el medio para lograr una mezcla homogénea que garantice una buena aplicación. Además este líquido debe evitar la absorción de agua por las conidias y mantener su viabilidad.



Formulación en líquido emulsificable

Ambas formulaciones son de fácil manejo, por lo que su uso dependerá de la disponibilidad de la formulación.

Los materiales utilizados en la formulación deben presentar algunas características para poder ser utilizados. Algunas de estas son:

1. No deben tener actividad biológica (efecto sobre animales o plantas).
2. Debe ser inocuo al ambiente.
3. Debe presentar características físicas adecuadas para mezclarse con las conidias.
4. Debe facilitar la aplicación del producto.
5. No debe afectar la actividad del hongo.
6. Debe ser económicamente rentable.

La viabilidad de los conidias se mantiene mayor tiempo en la formulación líquida que en la sólida. Sin embargo, cuando en la formulación líquida se utilizan aceites minerales o derivados de petróleo, ésta no es aceptada en producción orgánica debido al tipo de aceite que contiene.

Estudios realizados indican que las conidias pierden su viabilidad a partir de los 10 – 15 días cuando se mantienen a temperatura ambiente, en cambio la viabilidad se mantiene por más de 60 días en las mismas condiciones, cuando las conidias son formuladas.

El producto formulado debe ser empacado o envasado en recipientes que no permitan la entrada de la luz, ya que la radiación ultravioleta afecta la germinación de las conidias y la actividad del hongo. Además el recipiente debe estar cerrado herméticamente para evitar la absorción y penetración de agua.

Por tratarse de productos hechos con organismos vivos (conidias del hongo), la calidad (viabilidad) se pierde cuando se mantienen en condiciones desfavorables por mucho tiempo. Uno de los factores que más afecta a los hongos son las altas temperaturas, por esta razón si se van a almacenar por mucho tiempo se recomienda mantenerlos en refrigeración, por períodos cortos también se pueden mantener en condiciones ambientales pero en lugares frescos, evitando la radiación directa del sol.

Los hongos entomopatógenos, formulados en polvo o en aceite, son aplicados igual a cualquier otro producto. El producto contenido en el sobre o el recipiente se deposita en un balde con agua. Luego se agita fuertemente por varios minutos para que la mezcla sea uniforme. Finalmente, la mezcla se deposita en la bomba y se asperja sobre todo el cultivo.



Aplicación del hongo

Al ser aplicado el hongo se establece en el campo, ya sea en el suelo, las plantas o sobre la plaga.

3.1.3.17. Control de calidad

Durante todo el proceso de producción, el control de calidad constituye un factor clave porque permite garantizar el proceso de producción, además que el producto obtenido es de calidad y se evita la pérdida de materiales y reactivos. Con esto se logra eficiencia en el trabajo y una buena producción. Además el producto obtenido reúne los parámetros de calidad óptimos para el usuario.

El control de calidad se refiere al seguimiento y evaluación rigurosa de la calidad en cada uno de los pasos del proceso de producción. Esto se hace con el fin de realizar una selección adecuada del hongo, detectar y descartar la presencia de agentes contaminantes en cada una de las etapas del proceso para obtener al final del mismo un producto de buena calidad (viabilidad, patogenicidad y virulencia) y de buen rendimiento.

En general todo el proceso de producción semi-industrial está sujeto al problema de contaminación y a la ocurrencia de fenómenos que afecten tanto el rendimiento como la calidad de los procesos y productos del mismo. Por tanto, el control de calidad en este proceso está orientado fundamentalmente a evitar los problemas de contaminación y a garantizar que el hongo producido sea de buena calidad.

En el proceso de producción de hongos entomopatógenos se encuentra una variedad de microorganismos contaminantes, de los cuales algunos de ellos son patógenos al hombre. Entre los contaminantes más comunes están los hongos y las bacterias. Debido a sus características de crecimiento algunos contaminantes son más difíciles de eliminar que otros.

La diversidad de contaminantes es mayor en la etapa de cepario que en la etapa de producción (matrices, bolsas y bandejas). Se pueden presentar problemas de contaminación en matrices y bolsas. Sin embargo, en bandejas ya no existe posibilidad de presencia de contaminantes, ya que el hongo ha colonizado completamente el sustrato de arroz y ha utilizado todos sus nutrimentos.

3.1.3.18. Control de calidad en la etapa de cepario

El control de calidad de la cepa consiste en la evaluación de las características de ésta (identificación correcta), y eliminación de contaminantes, lo cual se hace mediante la observación visual del cultivo y la utilización de medios de cultivo. Para la detección de bacterias contaminantes se inoculan cajas de Petri con agar nutriente.

El objetivo del control de calidad en esta etapa del proceso de producción es detectar la presencia de contaminantes en los medios de cultivo, para su eliminación y obtención de cultivos puros, con buenas características de crecimiento y de efectividad sobre la plaga.

Debido a que en la etapa de cepario se trabaja con medios de cultivo de alto valor nutritivo, existen mayores posibilidades que ocurran el crecimiento de microorganismos no deseados, principalmente hongos y bacterias presentes en el ambiente o en otras fuentes de contaminación.

El control de calidad en la etapa de cepario debe realizarse con mucho rigor, debido a que es en esta etapa que se inicia el proceso de producción, y la selección incorrecta de la cepa y del cultivo puro así como la presencia de contaminantes afectará los siguientes pasos del proceso, lo cual incide en la calidad y el rendimiento del producto obtenido.

3.1.3.19. Contaminantes más comunes

Se considera contaminante a todo microorganismo no deseado que se desarrolla en el medio en el cual se cultiva el hongo entomopatógeno. Los contaminantes pueden estar presentes en el ambiente y en los materiales empleados en el laboratorio cuando no se cumplen las normas de trabajo para evitarlo.

Los contaminantes afectan al hongo que estamos cultivando compitiendo con los nutrientes del medio y en espacio que debería ocupar el entomopatógeno, además los contaminantes se pueden comportar como hiperparásitos, es decir se alimentan del hongo que estamos cultivando, además pueden producir sustancias que inhiben el crecimiento y la formación de estructuras reproductivas.

Dentro del proceso de producción de hongos entomopatógenos se presentan una gran variedad de hongos y bacterias contaminantes, algunos de ellos son patógenos al hombre. Entre los hongos más comunes como contaminantes están los géneros: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Pestalotia*. Los géneros de bacterias contaminantes más comunes son: *Serratia*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Bacillus*.

Fusarium: Las colonias de este hongo pueden tener diferentes coloraciones o presentar pigmentaciones en el medio en que se encuentran. Estas coloraciones pueden ser naranjas, rosadas, amarillas, crema, violáceas y producen, macro y micro conidias.



Crecimiento de *Aspergillus* en medio de cultivo

Penicillium: Conidióforos largos, septados, lisos o rugosos, individuales o en sinemas, ramificado cerca del ápice en uno, dos o más verticilos, que le dan aspecto de una escoba, ramas terminadas en fiálides o células fértiles productoras de conidias, conidias producidos basipetalamente y unidas en cadenas, los conidias son globosos a elípticos, lisos o equinulados.

Aspergillus flavus: Es un hongo cancerígeno, tiene conidióforos hialinos rugosos o reticulados y con vesículas globosas, cabezuelas conidiales globosas verde o verde amarillentas, esterigma en una o dos series a veces hasta en una misma vesícula. Conidias globosas a ovales.

Pestalotia: Las colonias son blancas y están salpicadas por unas gotas de exudado negro brillante en las que se encuentra por millares los conidias del hongo, pueden tener de tres a cuatro septos y son de forma clavada a obclavada o fusoides a veces tienen coloración pálida uniforme. Lo más característico es la presencia de varias setas a un extremo y un pedicelo más o menos corto al otro extremo.

Serratia: Es una bacteria muy dañina para el proceso de producción de hongos entomopatógenos, porque no forma colonias sino que cubre por completo el cultivo puro donde se encuentra, tomando una coloración roja y por lo tanto es difícil de erradicar.

Todos estos contaminantes se presentan de manera general a excepción de *Pestalotia* que se presenta principalmente en cultivos de *Verticillium*.

Para evitar el crecimiento de bacterias se le debe de agregar al medio un antibiótico como penicilina, cloranfenicol y regular el pH por medio de la adición de ácido láctico. Cuando el daño por bacterias es elevado se recomienda asperjar el lugar de trabajo con formalina para erradicarla y esterilizar todo material que presente forma colonias rojas.

La presencia de contaminantes de diferentes hongos y bacterias, está asociado a diferentes factores. El reconocimiento de algunos hongos y bacterias contaminantes de laboratorios se puede basar en el crecimiento característico. El crecimiento de algunos hongos y bacterias contaminantes es observable mediante la presencia de puntos con diferentes formas de coloración, si el crecimiento del entomopatógeno es lento y seco y se forman colonias cuya coloración varía en colores como: rojos, amarillentos, verdes pálidos, cremas, entonces se trata de hongos.

Cuando la contaminación es por bacterias, el entomopatógeno no logra crecer en el sustrato por completo debido a que el crecimiento de la bacteria es más que el del hongo, además se forma una masa suave, y pueden aparecer en el sustrato manchas de color rojo, cremas y/o amarillentos. Además las bacterias tienen la característica de presentar un olor fuerte y desagradable. En cambio los hongos tienen la cualidad de presentar olor característico a fermentación fuerte, el que se diferencia del olor característico de los entomopatógenos.

3.1.3.20. Control de calidad de los cultivos puros

Los cultivos puros utilizados como fuente de inóculo para la matriz, deben ser sometidos a un riguroso control de calidad. Estos deben ser organizados por lote para dar seguimiento a las características de crecimiento que presenten contaminantes.

La prueba para bacterias contaminantes se realiza inoculando el hongo con asa bacteriológica mediante rayado en la caja de Petri que contiene agar nutriente. Para ello se introduce el asa debidamente esterilizada, sobre diferentes puntos de la caja con cultivo puro del hongo entomopatógeno, luego se inocula por medio de un rayado con el asa sobre la superficie de las cajas de Petri que contienen el agar nutriente.

A las cajas inoculadas se les da un control constante y se etiquetan con la información apropiada (fecha del control, cepa, numeración de cada una, número de pase, tipo de crecimiento, etc.).

Las observaciones sobre el crecimiento de bacterias, se hacen entre las 24-48 horas después de montada la prueba, descartando las cajas de Petri que muestran presencia de bacterias.

En el caso de hongos contaminantes se realiza una limpieza del cultivo, eliminando las colonias por completo.

3.1.3.21. Control de calidad en la etapa de producción

En la etapa de producción, principalmente en matrices y bolsas la diversidad de contaminantes es menor que en el cepario. Los principales problemas de contaminación son ocasionados por bacterias y generalmente ocurren debido a mal manejo del sustrato, por ejemplo aglomeraciones de arroz, exceso de humedad.

El tipo de control que se realiza puede ser **descriptivo** o **visual**. El descriptivo consiste en llevar en forma detallada, información referente a la cepa, registro de la caja de Petri con su respectivo control de calidad, fecha de inoculación, lote, etc.

El control visual consiste en la observación del crecimiento del entomopatógeno en las bolsas.

3.1.3.22. Control de calidad de matriz

Las matrices se preparan de inóculos de hongos provenientes de cultivos puros. Por esta razón se debe hacer una adecuada selección del cultivo a utilizar, además cada caja utilizada se le debe hacer el control de calidad apropiado. Este se inicia seleccionando adecuadamente los materiales, principalmente cajas con cultivos puros que presentan características de un buen crecimiento de conidias, libres de contaminantes de hongos y bacterias.

Una vez inoculada, durante el proceso de incubación se debe revisar la matriz diariamente a partir del tercer día después de la inoculación, para detectar la presencia de contaminantes, principalmente bacterias. Si el crecimiento del hongo es lento y no uniforme o el sustrato adquiere una consistencia blanda, ocurre una coloración amarillenta, ya sea focalizada o generalizada, entonces se debe descartar la matriz y esterilizarla para destruir el inóculo contaminante.

3.1.3.23. Control de calidad de la bolsa

Los problemas de contaminación en bolsa son similares a los que ocurren en matriz, pero se pueden presentar con mayor frecuencia, debido a problemas de humedad o problemas en la inoculación.

Durante la fase de bolsa se debe realizar un control sistemático para evitar problemas de contaminación y seleccionar adecuadamente el material. Este control se realiza mediante la observación del crecimiento, el cual puede ser de varios tipos:

a- Disparejo. Es crecimiento focalizado sobre diferentes puntos del sustrato, el material debe ser descartado por completo del lote en producción. Este tipo de crecimiento puede deberse a la presencia de contaminantes y/o a una mala manipulación durante la inoculación.

b- Lento. Este tipo de crecimiento puede ser focalizado o parejo. Puede estar asociado a una mala agitación del sustrato después de efectuada la inoculación, factores ambientales, estado de la cepa, presencia de contaminantes o calidad del inóculo.

Homogéneo. Este es el criterio apropiado para la selección de la bolsa que entrará en producción. Este crecimiento presenta las características de ser uniforme sobre todo el sustrato de arroz y además es rápido.

3.1.3.24. Control de calidad del producto cosechado

El control de calidad del producto cosechado se realiza mediante la **evaluación de rendimiento** en número de conidias por gramo de polvo cosechado y la **viabilidad** de las conidias (porcentaje de germinación).

Se considera de calidad aquel rendimiento que no sea inferior al rendimiento promedio de la cepa y que la viabilidad no sea menor al 95%. Si una cepa presenta un rendimiento muy bajo no debe utilizarse porque su rentabilidad sería muy baja. Cuando el rendimiento es muy bajo se debe a que la cepa es muy vieja y ha ido perdiendo sus características, por lo que se recomienda reactivarla en el insecto hospedante.

Las evaluaciones de rendimiento (conidias por gramo de polvo) se deben realizar al momento de la cosecha y antes de la preparación de la formulación.

3.1.3.25. Control de calidad de la preservación en sílica gel

El control de calidad del material preservado se inicia con la selección adecuada del cultivo puro, el cual debe ser reciente y debe presentar características de buen crecimiento, buena esporulación y buen vigor.

El proceso del control de calidad se efectúa entre 5 y 6 días después de la preservación, con el objetivo de determinar el estado del cultivo. Si éste se encuentra en mal estado, es necesario descartar todo el material preservado.

Se siembran cristales de sílica gel en un medio de cultivo con el propósito de observar el tipo de crecimiento del entomopatógeno y detectar la presencia de contaminantes (bacterias y hongos).

El control de calidad se realiza por medio de una serie de pasos, que consisten en:

1. Anotar en un registro algunas características de coloración de los cristales de sílica gel, si contiene humedad, tubo muestreado, la fecha de preservación anterior, etc.
2. De los tubos preservados se toman de 10 a 15 cristales de sílica gel y se siembran en 2 a 3 cajas de Petri con PDA, luego las cajas.

3. A las cajas de Petri se les coloca una etiqueta que lleva la información: la fecha del día del control de calidad, el código de la cepa, la fecha de preservación y número de la caja.
4. Posteriormente las cajas son almacenadas en una incubadora o se dejan sobre una mesa limpia a temperatura ambiente.
5. Las cajas deben ser revisados tres días después de la inoculación para observar el tipo de crecimiento. El crecimiento del hongo debe ser característico del aislamiento preservado.

¿Qué insectos ataca *Beauveria bassiana*?

- Ataca más de 200 especies de insectos (Coleopteros, Lepidopteros, Hemipteros, etc.)
- Algunas plagas que controla: *Plutella* de repollo, picudo de chiltoma, mosca blanca, picudo de plátano, broca de café etc.

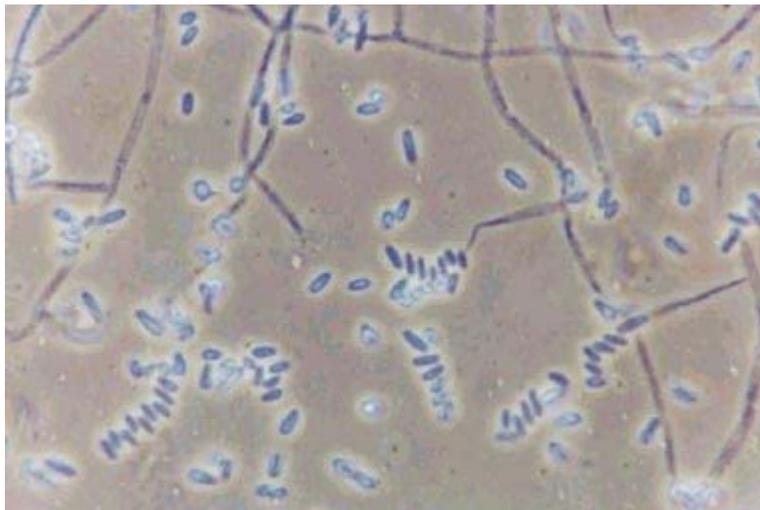
¿Qué insectos ataca *Metarhizium anisopliae*?

La especie *M. anisopliae* es la difundida geográficamente, por lo cual es la mas estudiada.

- Ataca a más de 300 especies de insectos (Hemipteros, Coleopteros, etc.).
- Plagas: mosca blanca, salivita de la caña de azúcar, chinches en diversos cultivos, etc.

Verticillium lecanii.

Afecta ninfas y adultos de mosca blanca los cuales quedan adheridos al envés, mediante un micelio blanco que es más filamentososo y menos denso que el de *B. bassiana*.



Conidias de *Verticillium lecanii*.

Metarhizium anisopliae. Afecta ninfas de **mosca blanca** las cuales quedan cubiertas de erupciones irregulares pulverulentas, verdes a gris verdosa, debido a las conidias; a menudo presentan un anillo de micelio blanco alrededor del área con conidias, que las adhiere al envés. La infección solo se ha observado en laboratorio.

Entomophthora.

Se han encontrado, más de 100 especies de *Entomophthora* atacando insectos. Entre las especies más conocidas y difundidas están *E. musae* afectando la mosca casera y *E. planchoniana* que normalmente ataca **áfidos**. En cultivos de cítricos en el trópico es frecuente observar este último patógeno sobre las especies *Aphis spiraecola* y *Toxoptera citricidus*.

Coelomomyces.

El género *Coelomomyces* pertenece a un grupo de hongos obligados de hábitat acuático su importancia radica en que puede constituirse en factores importantes de control contra larvas de mosquitos, especialmente de los géneros *Culex* y *Aedes*.

Cordyceps

Generalmente especies de *cordyceps* afectan adultos de dípteros y larvas o pupas de lepidópteros. La especie *C. sobolifera* ataca prepupas del desfoliador del ciprés *Glena bisulca*, en Colombia.

3.1.4. Bacterias para el control biológico de plagas

Las bacterias constituyen el grupo más numeroso y quizás el más estudiado entre los microorganismos asociados con insectos.

Las bacterias más importantes desde el punto de vista del control de insectos son las aeróbicas formadoras de esporas del género *Bacillus* (familia *Bacillaceae*). En general los entomopatógenos bacteriales se agrupan en: a) cristalíferas formadoras de esporas; b) patógenos obligados, c) patógenos facultativos y d) patógenos potenciales.

Hasta el momento sólo las cristalíferas formadoras de esporas son promisorias en el control de insectos. Un representante típico de este grupo es *Bacillus thuringiensis*.

3.1.4.1. *Bacillus thuringiensis*

El *B. thuringiensis*, también llamado Bt, se ha aislado de muchos insectos en diversos lugares del mundo.



Producto biológico *Bacillus thuringiensis* utilizado para el control de plagas

3.1.4.2. Modo de acción del Bt

Las células del Bt, al momento de la esporulación, además de las endosporas, producen también un cristal en forma de diamante en el esporangio durante el proceso. Este cristal contiene una toxina, dominada delta-endotoxina, capaz de paralizar el intestino de las mayorías de las larvas de lepidópteros. Las larvas susceptibles, después de consumir cierta dosis de Bt, cesan de alimentarse y mueren, o son debilitadas en tal forma que la bacteria puede fácilmente invadir el hemocelo desde el intestino y producir una septicemia letal. Se ha demostrado que los insectos más susceptibles son aquellos cuyos intestinos tienen un pH alcalino que causa la disolución de los cristales en sus componentes tóxicos.

Uso del Bt El Bt afecta insectos en los órdenes Coleoptero, Díptera, Hymenoptera, Orthoptera, y Lepidóptero. Sin embargo la delta endotoxina solo afecta los lepidópteros.

3.1.5. Virus para el control biológico de plagas

Los virus que causan enfermedades en insectos juegan un papel muy importante en la regulación de sus poblaciones tanto en condiciones naturales como cuando se los usa en programas de control.

Los virus a diferencia de las bacterias, son generalmente más específicos e infecciosos y no se pueden propagar in vitro en medios artificiales. Virus patogénicos a insectos se han aislado principalmente de los órdenes **Lepidoptera e Hymenoptera y en menor número de Díptera, Coleoptera, Orthoptera, Hemiptera, Neuroptera y Trichoptera.**

3.1.5.1. Modo de acción de los virus

Los virus, al igual que las bacterias y la mayoría de otros patógenos, deben ser ingeridos para que causen enfermedad y muerte a un huésped susceptible. De acuerdo al grupo, afectan sitios específicos dentro del insecto, destruyendo las células, lo que resulta en enfermedad. Es así como unos se multiplican en preferencia en tejidos del mesodermo, ectodermo y endodermo, mientras otros afectan el tejido adiposo y la epidermis, o las células epiteliales del intestino medio.

El proceso de infección depende de varios factores internos y externos tales como: a) la susceptibilidad del insecto; b) la edad o tamaño del insecto (como disponibilidad de alimento, competencia por espacio); c) virulencia del virus y d) temperatura.

Las enfermedades virósicas en insectos se caracterizan por la pérdida del apetito, el cuerpo se torna flácido, presentan movimientos hacia la parte superior de las plantas, toman posiciones colgantes y el fluido del cuerpo se escapa del integumento.

3.1.5.2 Uso de los virus

Los *entomovirus* son los patógenos más populares en los programas de control integrado debido a que en muchos casos se han reportado efectos espectaculares en el control de ciertas plagas. El virus de poliedrosis nuclear (VPN) del *Trichoplusia ni* es un típico ejemplo en Colombia su efecto y dispersión fue dramático que *T. ni* dejó de ser problema serio en el algodón.

Los agricultores de diversos países en el mundo se han dado cuenta de la bondad de estos patógenos y se han encargado de colectarlos en el campo, almacenarlos y luego dispersarlos en los próximos cultivos y de esta forma aseguran un inóculo uniforme del virus todos los años. Esta práctica se ha llevado a cabo especialmente con los VPN del *T. ni Spodoptera frugiperda*, *Anticarsia gemmantalis* y *H. virescens* en diversos cultivos en el trópico.

En general el proceso es sencillo. Las larvas infectadas colectadas en el campo se suspenden en agua (pH 6.0-8.0), luego se licuan para homogenizar la suspensión. Para aplicarlo en el campo la suspensión se filtra con el fin de separar las partes grandes del insecto. También es conveniente agregar un agente humectante. A esta solución se agrega suficiente agua para establecer una dosis aproximada de 20 larvas infectadas por hectárea; la suspensión del virus preparada así se puede asperjar en el campo con los equipos convencionales. El virus colectado en el campo también se puede almacenar por periodos largos hasta de dos años bajo refrigeración.

3.1.6. Ventajas y Desventajas del Control Biológico.

El control biológico cuando funciona posee muchas ventajas:

- Poco o ningún efecto nocivo colateral de los enemigos naturales hacia otros organismos, incluido el hombre.
- La resistencia de las plagas al control biológico es muy rara.
- El control es relativamente a largo término, con frecuencia permanente.
- El tratamiento con insecticidas es eliminado por completo o de manera sustancial.
- La relación costo / beneficio es muy favorable.
- Evita plagas secundarias.
- No existen problemas de intoxicaciones.
- Se le puede usar dentro del contexto de MIP.

Limitaciones o desventajas:

- Ignorancia sobre los principios del método.
- Falta de apoyo económico.
- Falta de personal especializado.
- No esta disponible en la gran mayoría de los casos.
- Problemas con umbrales económicos muy bajos.
- No todas las especies de plagas dentro de un complejo son atacadas efectivamente por los enemigos naturales.
- La gran mayoría de los enemigos naturales son más susceptibles a los plaguicidas que las plagas.
- Los enemigos naturales se incrementan con retraso en comparación con la plaga que ataca, por lo cual, no proveen la supresión inmediata de los insecticidas.

3. 2. Métodos físicos

3.2.1. Introducción

El control físico-mecánico incluye una serie de diversos procedimientos para matar directamente a las plagas o cambiar el ambiente de tal manera que se vuelva no aceptable para la sobrevivencia

o desarrollo de ellas. Los procedimientos incluidos pueden ser empleados profilácticas o terapéuticamente. El control físico, según Cisneros (1980) consiste en la utilización de algún abiótico en intensidades que resultan letales para los insectos. El uso de estos procedimientos está fundamentado en el hecho de que las plagas sólo pueden sobrevivir y desarrollarse dentro de ciertos límites de intensidad de los factores ambientales. Ciertos procedimientos del control físico son altamente novedosos y sofisticados. En cambio muchos de los controles mecánicos son antiguos, aunque a veces siguen siendo eficaces en la actualidad. El control mecánico involucra el uso de trampas, barreras y la destrucción manual.

3.2.2. Solarización:

Se utilizan los rayos solares para eliminar insectos, patógenos del suelo (hongos y bacterias), así como nemátodos y semillas de malezas, es un proceso simple de utilizar altas y bajas temperaturas, una vez hecho el semillero o el sustrato de suelo que vamos a usar para llenar bandejas, este se humedece sin saturarlo, se cubre con un plástico transparente y se sellan los extremos con suelo mojado de tal manera que no permita fuga de agua al calentarse por los rayos solares, sobre el suelo cubierto coloque arcos de hierro de un cuarto de pulgada, a una distancia mínima de 25 cm del primer plástico sellado, cubra los arcos con un segundo plástico transparente y selle herméticamente con tierra húmeda, posteriormente mantenga sellado el suelo por un mínimo de tres semanas en lugares con temperatura y radiación alta y por seis semanas en zonas con temperatura y radiación baja, retire los plásticos y deje que el suelo se seque un poco antes de sembrar. Una de las ventajas de este método es que hay una rápida descomposición de la materia orgánica y mayor disponibilidad de nutrientes para las plántulas y el plástico se puede usar varias veces.



Uso de plástico para solarización a gran escala.
Foto INTA.

3.2.3. Uso de agua hirviendo

Este método consiste en remojar la tierra con agua hirviendo, para esto, es necesario utilizar un barril de 200 litros con agua hirviendo por banco de 10 varas. Se puede realizar la siembra a los 2 o 3 días después de haber realizado el tratamiento con agua hirviendo.

3.2.4. Inundación

Usos: En casos muy particulares es posible remover áfidos y ácaros con un chorro de agua, a veces mezclado con un detergente. El riego por aspersión al igual que la lluvia puede ser efectivo para manejar bajas poblaciones de Trips o totolates en las plantas de cebolla.



Riego por aspersión para controlar trips en plantas de cebolla

3.2.5. Ventajas y desventajas del control físico.

Ventajas

Entre las ventajas más sobresalientes están las siguientes. En general, son compatibles con otras tácticas. Además, muchas son aplicables tanto a nivel de agricultor pequeño como grande. Son métodos tan sencillos como baratos y pueden absorber mano de obra provechosamente. La construcción de barreras por ejemplo, puede proveer control de varios años. Finalmente, excepto en el caso de la quema de campos, estos procedimientos no son contaminantes.

Desventajas

Como desventajas cabe mencionar que algunas de estas prácticas mecánicas requieren demasiada mano de obra para poder aplicarlas, excepto en parcelas pequeñas. Las técnicas físicas modernas pueden ser sofisticadas y caras. Muchas todavía se encuentran en etapas experimentales.

3.2.6. Conclusiones

El valor de los procedimientos físicos-mecánicos es a menudo subestimado debido a su antigüedad y ubicuidad. En realidad, constituyen bases indispensables para el almacenaje de los granos, frutos y verduras. Siendo también claves para el combate de plagas caseras. Las barreras físicas como cercos permiten la coexistencia de la agricultura y ganadería. Aún hoy en día siguen siendo los procedimientos más importantes para el control de malezas.

3.3. Métodos químicos

3.3.1. Introducción

Los plaguicidas químicos son sustancias químicas o biológicas que se utilizan para combatir las plagas, estas sustancias ocasionan trastornos no solo en las poblaciones de insectos sobre las cuales son aplicadas, sino también sobre el entorno biótico y abiótico tanto dentro del agroecosistema como en el ambiente en general e incluso los seres humanos.

De acuerdo a su forma de actuar los plaguicidas son de: contacto, sistémicos, fumigante y por ingestión estomacal.

Contacto: Matan a la plaga cuando entran en contacto con ella. Se aplican al follaje o al Suelo sin penetrar a la planta.

Sistémicos: Se aplican al follaje o al suelo penetrando y moviéndose por toda la planta. Las plagas mueren al alimentarse de las hojas o raíces.

Fumigante: Al aplicarse se transforman en gases y se utilizan para el tratamiento de suelo para semillero y vivero.

Por ingestión y estomacal: Cuando el insecto al alimentarse ingiere el producto que se encuentra sobre las hojas.

El conocimiento detallado de sus características y efectos, no sólo sobre las plagas, sino sobre el ambiente en general, debe conducirnos a un uso más eficiente de estos productos, que nos permita su aplicación sólo cuando sea necesario y en estos casos, aplicar dosis mínimas y mediante las técnicas más efectivas - con la seguridad de que se alcanzará el objetivo de poner en contacto al producto con la plaga.

Sin duda los plaguicidas son las herramientas fitosanitarias más discutidas. Han sido y siguen siendo armas poderosas e inclusive indispensables en la lucha contra los insectos. En la mayoría de los programas MIP, juegan un rol muy importante, sin embargo su uso esta asociado con muchos factores secundarios negativos.



Plaguicidas utilizados para el control de plagas

3.3.2. Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas químicos se clasifican de acuerdo a los organismos vivos que controlan en varios grupos: insecticidas (controlan insectos), fungicidas (controlan hongos), herbicidas (controlan plantas o hierbas malas), Acaricidas (controlan ácaros), Nematicidas (controlan nematodos) y rodenticidas (controlan roedores).

3.3.2.1. Fungicidas

Los fungicidas son agente químicos o físicos capaces de matar las esporas y micelios de los hongos, o de inhibir su capacidad de desarrollo. Los fungicidas que matan las esporas y micelios se denominan fungicidas curativos, y los que inhiben el desarrollo, se denominan fungicidas preventivos.



Esporas y micelios de hongos en hoja.

La acción protectora de los fungicidas puede ser debida a las siguientes causas: impide la esporulación del agente patógeno, destruye los órganos reproductores, inhibe el desarrollo, y por ultimo forma una barrera protectora a la planta. La mayor parte de los tratamientos con fungicidas deben ser preventivos. Los curativos se realizan poco, aunque algunas veces son necesarios. (Carrazana y Rodríguez, 1979)

3.3.2.2. Nematicidas

Los nematicidas han sido utilizados en gran escala desde 1946, aproximadamente y su uso se ha venido incrementando cada vez más en algunos cultivos como plátano, tabaco, piña y algunos vegetales, en viveros, semilleros e invernaderos.



Ejemplo de producto Nematicida utilizado para el control de plagas

El objetivo de los nematicidas es controlar el daño de los nematodos en las plantas y mejorar el rendimiento en los cultivos. Esta mejora puede lograrse mediante la reducción de las poblaciones de nematodos en el suelo o en las plantas, lo cual reduce los daños que estos provocan.

3.3.2.3. Insecticidas

Los insecticidas son y continuarán siendo un elemento indispensable en los programas de fitoprotección para el futuro próximo ya que son versátiles, fáciles de usar, eficaces y comercialmente atractivos. Sin embargo, sus serias inconveniencias limitan su utilidad y demandan su manejo cuidadoso y juicioso. Un número de nuevos logros en toxicología, ingeniería agrícola y genética promete el alivio de ciertas limitaciones.



Ejemplos de productos insecticidas utilizados para el control de plagas

3.3.2.4. Herbicidas

Se llama herbicida a todo producto químico que aplicado a un vegetal provoca reacciones fisicoquímicas y bioquímicas capaces de determinar la total destrucción del vegetal en un periodo de tiempo determinado.



Productos Herbicidas utilizados para el control hierbas

Los herbicidas de acuerdo con la finalidad para la que son aplicados se clasifican en: **no selectivos y selectivos**.

Los herbicidas no selectivos o absolutos: son productos que matan todas las plantas que alcanzan sin distinción de especies ejemplo el Gramoxone.

Los herbicidas selectivos: son productos que destruyen las malas hierbas, causando poco o ningún daño a las plantas cultivadas ejemplo de estos el propanil.

3.3.3. Aplicación de plaguicidas

Al momento de aplicar los plaguicidas, se deben utilizar equipos protección durante la preparación de la mezcla, al aplicar el plaguicida, cuando labora cerca del lugar de aplicación y al ingresar a un campo recién asperjado. El equipo de protección debe abarcar la piel, la nariz, la boca y los ojos.

Según García, 2000, la aplicación de plaguicidas esta influenciada por una serie de factores entre los que se destacan los siguientes:

1. Topografía del área cultivada
2. Cultivo y estado de crecimiento en el momento de la aplicación
3. Equipo de aplicación y tipo de boquilla seleccionado
4. Técnica de aplicación
5. Pasos del aplicador



Aplicación adecuada de plaguicida

El equipo básico comprende: camisa de manga larga y pantalones largos por fuera de las botas, sombrero de ala ancha, delantal impermeable (para la mezcla del plaguicida). Así como:



3.3.3.1. Calibración

Por medio de la calibración, se determina la cantidad de agua que habrá de emplearse por área, con la cual se preparará la mezcla, de acuerdo con la dosis que indique la etiqueta del plaguicida.

Entre las distintas formas de calibración existentes, se describen a continuación los pasos por seguir con una de las más sencillas, conocida con el nombre de calibración por reposición.

3.3.3.2. Pasos para la aplicación de fungicidas e insecticidas

1. Poner agua en el tanque de la bomba para llenar el sistema (émbolo y lanza)
2. Vaciar el agua que queda en el tanque
3. Poner cinco o diez litros de agua en el tanque
4. Fumigar 30 plantas por ambos lados, con la boquilla y la técnica recomendada
5. Dejar el sistema lleno como al inicio (émbolo y lanza)
6. Medir el sobrante de agua y restárselo los cinco litros puestos inicialmente en el tanque
7. Dividir el resultado del paso anterior entre el número de plantas atomizadas
8. Multiplicar el resultado del paso anterior por el número de plantas que tenga la hectárea y así le dará la cantidad de agua que debe utilizarse por hectárea

Ejemplo:

a-	Cantidad de agua en la bomba.....	5 Litros
	Sobrante (paso 6).....	1.5Litros
	Agua gastada en 30 plantas.....	3.5Litros
	Plantas por hectáreas.....	3000

b- Realizar el paso 7:

$$\frac{3.5 \text{ L}}{30 \text{ plantas}} = 0.117 \text{ L/Planta}$$

c- Realizar el paso 8:

$$0.117\text{L/planta} \times 3000\text{plantas igual a } 351\text{Litros}$$

Resultado = se necesitan 351 litros de agua por hectárea de terreno cultivado

3.3.3.3. Dosificación

La dosis por utilizar debe seleccionarse de acuerdo con las especificaciones de la etiqueta. De igual manera es importante seguir las instrucciones de mezcla y aplicación apropiadas para el área por tratarse y el equipo que va a utilizarse. Aquí es importante recalcar que el uso de sobredosis no producirá mejores efectos, sino que, por el contrario, pueden acarrear consecuencias indeseables sobre el cultivo y el agroecosistema en cuestión.

Los métodos para medir y preparar plaguicidas varían de acuerdo con el producto y su uso:

- ◆ Los productos sólidos listos para usarse, tales como polvos secos y granulados, pueden sacarse del envase y trasladarse directamente a los recipientes del equipo de aplicación.

- ◆ Los concentrados que puedan ser fácilmente mezclados con agua deben medirse afuera y luego ponerse directamente en los tanques del equipo de aplicación, parcialmente lleno de agua.
- ◆ Los polvos mojables deben premezclarse con la ayuda de una bolsa plástica y agua, antes de introducirlos al tanque. Luego el tanque debe llenarse de agua hasta el nivel indicado y mezclarse bien.
- ◆ No es recomendable llenar demasiado los tanques, ya que podrían producirse derrames durante la aplicación.



Mezcla adecuada de plaguicidas

- ◆ Si se está preparando un líquido para asperjar, no debe prepararse más de lo que va a utilizarse el mismo día.
- ◆ Cuando mezcle y mida, siga el siguiente procedimiento:
 - 1- Leer la etiqueta **antes** de preparar la mezcla, para saber como hacerla.
 - 2- Mantener **siempre** el tanque o envase del plaguicida en una posición por debajo de los ojos.
 - 3- Trabajar al aire libre; no trabajar solo y escoger un lugar con buena ventilación y luminosidad.
 - 4- Evitar la contaminación de la piel. Usar **siempre** ropa protectora como se recomienda en la etiqueta del producto. Si en ese momento se contamina la piel o la ropa, cambiarse la ropa contaminada y lavarse inmediatamente, usando abundante agua y jabón. En todo caso, es recomendable lavarse siempre las manos después de haber realizado la mezcla.
 - 5- No medir ni mezclar plaguicidas cerca de viviendas o corrales.
 - 6- Mantener alejado a los niños, personas discapacitadas y animales domésticos de los lugares donde se manipulan plaguicidas.
 - 7- Tener cuidado de no contaminar fuentes de agua.

- 8- Utilizar el equipo adecuado para medir usando:
 - Los medidores que vienen junto con el envase o empaque del producto, o un recipiente donde puedan medirse volúmenes **solo para este fin**.
 - Una cubeta o barril destapado y una varilla para mezclar. **Nunca meter las manos ni los brazos en la mezcla que esta preparándose.**
 - Los embudos y filtros adecuados.
- 9- Usar el agua mas limpia posible y filtrar las basuras.
- 10- Vaciar los líquidos cuidadosamente para evitar derrames y salpicaduras. Utilizar un embudo, y si es necesario. **Nunca succionar ningún plaguicida líquido con la boca.**
- 11- Manejar los polvos secos y polvos mojables cuidadosamente, par evitar que se derramen o dispersen con la acción del viento. Situarse a favor del viento para que el polvo o las salpicaduras no lo alcancen.
- 12- Amenos que se especifique lo contrario, nunca mezclar los plaguicidas con fertilizantes ni hacer experimentos empíricos combinando plaguicidas. Los “cócteles” o “bombas”, como se les conoce a estas mezclas no autorizadas, pueden representar un gran peligro para la persona que prepara la mezcla, el cultivo y el ambiente.



Dosificación de plaguicidas

- 13- Lavar todo el equipo después de usarlo. Vaciar en la tierra el agua que uso para el lavado, lejos de viviendas, fuentes de agua y cultivos.
- 14- Cerrar los envases después de haberlos usados, para evitar derrames o contaminación y guardarlos bajo llave en un lugar seguro. Mantener siempre los plaguicidas en sus envases originales; nunca transferirlos a botellas de bebidas o envases de alimentos.
- 15- Antes de eliminarlos, los envases vacíos deben escurrirse bien en el tanque donde se prepara la mezcla de la siguiente manera:
 - Llenar el envase hasta la tercera parte con agua, agitar y verter dentro del tanque.
 - Repetir esta operación varias veces y echar los enjuagues en el mismo tanque.
- 16- Desechar, adecuadamente, las cantidades sobrantes de mezclas que ya no vayan a utilizarse.
- 17- En la preparación de las mezclas hay que tener en cuenta que, por lo general:
 - El riesgo mayor es por exposición cutánea y por inhalación.
 - Las manos, los brazos y los pies son las partes más expuestas del cuerpo cuando se preparan las mezclas.

- Manipular líquidos concentrados (al medir o mezclar) constituye un mayor riesgo de contaminación que la misma aplicación, donde la solución esta ya diluida.
- 18-Los recipientes usados para las mezclas y las medidas de los plaguicidas **no** Deben utilizarse para ningún otro propósito.

3.3.4. Ventajas y desventajas

Ventajas

1. Controlan varias plagas a la vez
2. Son selectivo
3. Son de fácil acceso y aplicación
4. Son de acción rápida
5. Poca mano de obra
6. Efecto residual
7. Es de gran aceptación

Desventajas

1. Efecto sobre animales silvestre
2. Adquieren resistencia
3. Efectos en insecto benéficos
4. Los residuos de estos productos causan daño a los consumidores
5. Los costos son muy altos
6. Produce intoxicaciones en el campo

3.4 Métodos mecánicos

3.4.1. Introducción

Los controles mecánicos y físicos son altamente diversos; pueden ser tan antiguos como la agricultura misma, como es el caso de la recolección y destrucción manual de insectos o la construcción de barreras físicas. Nuevos métodos físicos de control incluyen el uso de ultrasonido y la modificación de gases atmosféricos



Método mecánico

3.4.2. Uso de trampas

Papel pegajoso es todavía utilizado en edificios para atrapar moscas y otros insectos voladores. Las trampas son ampliamente utilizadas para el control de vertebrados dañinos, especialmente roedores, pájaros y depredadores como coyotes. Ellas son más eficaces cuando hay una escasez de comida. Otros tipos de trampas comúnmente utilizadas es el uso de de feromonas. Las feromonas son un componente comúnmente usado en muchos programas de MIP insectiles. (Dent, 1993).



Trampa con feromonas

Las feromonas son sustancias químicas oloríficas emitidas por los insectos que provocan una respuesta en otros individuos de su misma especie, ya sea sexual, de alarma, disuasorias, etc.

Las hembras emiten feromonas sexuales para atraer a los machos y reproducirse.

Ciertos colores son atractivos para algunas especies de insectos. Entre ellos el color amarillo intenso atrae **pulgones, moscas blancas, moscas minadoras y otros.**

Las trampas consisten en pedazos de plástico amarillo cubiertos con una sustancia pegajosa. La sustancia pegajosa puede ser un pegamento especial de larga duración o simplemente aceites vegetales o minerales.

Existen **trampas amarillas móviles** conocidas como "**pasada de manta**" que el agricultor pasa periódicamente sobre el cultivo, tal como se observa en la figura.



Trampas amarillas móviles

Las **trampas amarillas fijas** se colocan en el campo en marcos de madera o estacas de caña. Pueden ser adquiridas listas en las tiendas agrícolas (trampas comerciales que usan un pegamento de larga duración) o ser confeccionadas en forma casera (trampas artesanales que usan aceite de motor que dura 10 a 15 días).



Ejemplo de Trampas amarillas fijas en el campo

3.4.2.1. Efectos del uso de trampas amarillas

Directo: reducen la población de moscas adultas

Indirecto: contribuyen a preservar los enemigos naturales ya que el agricultor evita hacer las aplicaciones tempranas de insecticidas que acostumbra y que dañan a los insectos benéficos.

3.4.3. Uso combinado de trampas móviles y trampas fijas

3.4.3.1. Trampas amarillas fijas

- Colocar las trampas alrededor del campo desde la emergencia del cultivo. Después del aporque instalar las trampas dentro del campo a una densidad de 50 a 100 trampas/ha según la densidad del insecto.
- Cambiar o limpiar las trampas cada 15 días o antes si la superficie esta completamente cubierta de insectos, aplicando el aceite de motor grado 50 que funciona como pegamento.

3.4.3.2. Trampas amarillas móviles

- Realizar la "**pasada de manta**" una vez por semana desde la emergencia del cultivo. Si la población de adultos es alta se debe aumentar el número de pasada por semana.
- Para untar las trampas amarillas móviles utilizar aceite comestible compuesto en lugar de aceite de motor a fin de evitar quemaduras en el follaje.
- Para un mejor efecto en la captura, esta labor debe realizarse en las primeras horas de la mañana o al atardecer.

3.4.3.3. Uso de trampas amarillas en semillero.

Las trampas consisten en utilizar estacas de un metro de alto envueltas con plástico amarillo impregnadas con aceite de motor o aceite comestible, se colocan a un metro de distancia cada una alrededor del semillero.

Cuando las plantas son pequeñas, se ha usado el método de captura por "**paletteo**" que consiste en una caja tipo recogedor de basura.

3.4.3.4. Trampas cromáticas.

Algunos insectos se ven atraídos por ciertos colores. **Los pulgones voladores y mosca blanca por el amarillo vivo, los trips por el azul vivo.**

Se pueden adquirir estas trampas en comercios especializados (se usan comúnmente en invernaderos) o bien fabricarlas en casa. Simplemente consisten en un papel o cartón con una capa pegajosa donde se quedan pegados los insectos que se posan. En casa se pueden hacer con papel o cartón (mejor plastificado) o plástico impregnando su superficie con aceite vegetal, melaza, miel, almíbar denso, vaselina (o cualquier sustancia pegajosa que no se seque). Se colocan colgados cerca de las plantas afectadas. Tiene el inconveniente de no ser efectivo en zonas con mucho viento. No eliminan la plaga, pero si reducen su número. Se usa mucho en invernaderos y otros tipos de cultivos.



Trampas amarillas



Trampas azules

Trampa de agujero en el suelo, hay que hacer un agujero en el suelo que tenga las siguientes medidas: largo 70 cm., ancho 40 cm., hondo 35 cm. Se cubre el agujero con plástico amarillo, el plástico debe cubrir el fondo y los lados del agujero para evitar que el agua se filtre; llenar el recipiente así construido con agua jabonosa. Coloque una vara o regla a través de agujero y sobre ésta coloque un candil de mecha corta. Los ronrones serán atraídos por la luz, el color amarillo y morirán al caer al agua.

3.4.4. Captura directa

Este procedimiento podría ser el más antiguo y seguramente se desarrolló aún antes que la agricultura. El matamoscas es la versión "moderna" de un aparato viejo; es una extensión de la mano. El control mecánico de maleza con azadón. Machete o cultivador sigue siendo el método más común el día de hoy.

La recolección y destrucción manual de insectos como el picudo del algodón, que es una práctica muy antigua, es todavía recomendada en Nicaragua (Bodan *et al.*, 1979). También es útil para el control de los piéridos en *Brassica* sp., *Manduca* spp., en solanáceas, y otras larvas grandes que son fácilmente visibles.

La recolección y destrucción de frutos caídos es una práctica que se ha recomendado para el combate de *Anthonomus eugenii* en chiles y también para *Ceratitis capitata*, *Anastrepha* spp y *Toxotrypana curvicauda* en varios frutales (Andrews, 1984). La destrucción selectiva de plantas enfermas puede ser útil para minimizar los efectos de virosis y otras enfermedades como en el caso de virosis del algodón (Bodan *et al.*, 1979).

En casos muy particulares es posible remover áfidos y ácaros con un chorro de agua, a veces mezclado con un detergente; los animales desalojados no pueden regresar a la planta, se ahogan o se sofocan, y que el detergente cubre sus espiráculos.

3.4.5. Control mecánico de malezas

Es bien sabido que las malezas compiten con las plantas cultivables por los nutrientes del suelo, agua y luz. Estas plantas indeseables sirven de hospederas a insectos y patógenos dañinos a las plantas cultivables. Sus exudados radicales y lixiviados foliares resultan ser tóxicos a las plantas cultivables.

Las malezas también obstruyen el proceso de cosecha y aumentan los costos de tales operaciones. Además, al momento de la cosecha las semillas de las malezas contaminan la producción obtenida. De esta forma, la presencia de las malezas en áreas cultivables reduce la eficiencia de la fertilización y la irrigación, facilita el aumento de la densidad de otras plagas y al final los rendimientos agrícolas y su calidad decrecen severamente.

Los principios del MIP no han sido todavía aplicados de manera sistemática al manejo de malezas, pero estos son plenamente válidos para este fin. Los métodos tradicionales ya se basan en la integración de una variedad de métodos culturales y físicos (uso de implementos agrícolas, azadón, machete, etc.). El uso continuo de estos métodos, conjuntamente con la aplicación moderada de herbicidas, ha demostrado ventajas en comparación al uso excesivo de herbicidas. Esta última práctica (uso de herbicida) puede ocasionar desequilibrios indeseables de la flora y provocar la predominancia de poblaciones de especies perennes u otras resistentes a los herbicidas en uso.

El control de las malezas se debe realizar con métodos mecánicos a través del empleo de implementos agrícolas, o con métodos físicos como la utilización de coberturas de residuos vegetales sobre la superficie del suelo, siendo estos un obstáculo para el desarrollo de las malezas en esas áreas cubiertas.

El control mecánico de maleza con azadón. Machete o cultivador sigue siendo el método más común hasta el día de hoy.



Control mecánico de malezas con azadón

3.4.6. Ventajas y desventajas

Ventajas

1. Son compatibles con otras tácticas
2. Se pueden aplicar tanto a pequeños o grandes productores
3. Son métodos sencillos y baratos

Desventajas

1. Estas prácticas requieren de mucha mano de obra
2. Muchos de estos procedimientos se encuentran en etapas experimentales
3. Las tácticas modernas son muy sofisticadas

3.5. Métodos etológicos

3.5.1. Introducción

Los semioquímicos (del griego *semeon*, una señal) son productos químicos que sirven de intermediarios en las interacciones entre organismos. Los semioquímicos están subdivididos en aleloquímicos y feromonas dependiendo de si las interacciones son inter-específicas o intra-específicas, respectivamente. (Para una discusión de la terminología, ver Anónimo 1981.) Entonces, los aleloquímicos son productos químicos significativos para individuos de una especie diferente de la especie que los origina.

Los aleloquímicos están subdivididos en varios grupos dependiendo de si la respuesta del receptor es adaptativamente favorable al emisor pero no para el receptor (alomonas), si es favorable al receptor pero no al emisor (kairomonas) o si es favorable tanto para el emisor como para el receptor (sinomonas). Tanto dentro de los aleloquímicos como de las feromonas algunas veces es útil referirse a los productos químicos como interruptores, atrayentes, repelentes, disuasivos, estimulantes u otros términos descriptivos. Estos términos pueden indicar cuál es el comportamiento involucrado en la respuesta tal como un estimulante para la alimentación o un disuasivo para el vuelo. Las feromonas (del griego *phereum*, llevar; *horman*, excitar o estimular)

son liberadas por un miembro de una especie para causar una interacción específica en otro miembro de su misma especie.



Trampas con sustancias aleloquímicas.

Las feromonas pueden ser clasificadas adicionalmente con base en la acción intermediada, tal como una feromona de alarma, de congregación (o agrupamiento) o sexual. Las feromonas sexuales de los insectos son de particular interés para quienes practican el manejo integrado de plagas (MIP).

El concepto de MIP se basa en el reconocimiento de que para el control de plagas no hay un solo enfoque que ofrezca una solución universal y que la mejor protección del cultivo se puede suministrar por medio de una fusión de varias tácticas y prácticas que tienen base en principios ecológicos sensatos. Las feromonas son un componente comúnmente usado en muchos programas de MIP (Para una discusión al día sobre MIP, ver Dent, 1993 y Anónimo, 1995.)

La existencia de feromonas se ha conocido por siglos y aparentemente se originó en observaciones de picaduras masivas de abejas en respuesta a productos químicos liberados por la picadura de una sola abeja. El primer aislamiento e identificación de la feromona de un insecto (la polilla del gusano de la seda) fue hecho en 1959 por científicos alemanes. Desde entonces, cientos, tal vez miles de feromonas de insectos han sido identificadas mediante equipos crecientemente sofisticados.

Hoy tenemos una visión mucho más clara de las posibilidades y limitaciones asociadas con feromonas de insectos en programas de MIP. Los dos usos principales de las feromonas de insectos son para detección y monitoreo de poblaciones y para alteración del apareamiento. Estos usos sacan ventaja de las feromonas sexuales de las cuales depende una vasta mayoría de los insectos plagas como intermediarias para la reproducción.

3.5.2. Usos de atrayentes en MIP

Detección y Monitoreo. El principal uso de las feromonas sexuales de insectos es atraer insectos a trampas para detección y determinación de su distribución temporal.



Trampas con feromonas sexuales

En la mayoría de los casos, son los machos los que responden a feromonas sexuales producidas por las hembras. Entonces, se diseñan trampas atrayentes que reproducen de manera muy cercana la proporción de componentes químicos y tasa de emisión de las hembras atrayentes. Idealmente, una trampa atrayente debería disipar uniformemente su contenido de feromonas a través del tiempo y en el proceso, no retenerlas o degradarlas en forma permanente.

A través de los años se han probado muchos diseños de cebos, pero los de uso común hoy son: fibras huecas de plástico de polivinilo (emiten por ambos extremos), fibras huecas selladas y bolsas (emiten por las paredes) y flecos de plástico laminado (emiten por las paredes y bordes expuestos). Para que la trampa sea efectiva para el monitoreo de poblaciones de insectos, el diseño también es crítico. Las trampas varían en diseño y tamaño dependiendo del comportamiento de los insectos objetivo.

Para las evaluaciones de poblaciones, umbrales de aspersión y comparaciones de unos años con otros, son esenciales protocolos de captura consistentes. La información de las capturas de las trampas puede ser muy útil para la toma de decisiones de aplicación de insecticidas y otras medidas de control. Por ejemplo, las capturas en trampas pueden indicar una pérdida del efecto de la feromona sobre la alteración del apareamiento y la necesidad de aplicar de nuevo el tratamiento de la feromona. El monitoreo cuidadoso y la experiencia para interpretar los datos recolectados son importantes para el éxito. Las trampas también se pueden colocar con el objetivo de destruir los machos para control de la población.

La aniquilación de los machos por medio de trampas lleva a cabo a una conclusión aparentemente lógica. Coloque suficientes trampas, atrape suficientes machos o deje a las hembras de la especie sin parejas. Este enfoque se ha usado contra el gusano rosado del algodón en un área aislada de Arizona donde son bajos los números de polillas que pasan el invierno. Allí se usó una tasa de 12 trampas por hectárea y las trampas estaban compuestas por vasos de poliestireno que contenían aceite para dar una mayor capacidad para las polillas muertas.

Estas trampas se colocaron en los centros de las hileras para evitar la cultivadora y nunca después se les dio mantenimiento de nuevo. La comunidad de productores pagó por este programa durante

unos pocos años, pero fue difícil demostrar los resultados porque no había un área de control disponible.

3.5.3. Usos Misceláneos de feromonas para el control de picudos



Picudo del algodón, *Anthrenus grandis*.

El “**picudo del algodónero**” está causando muchos problemas en los cultivos de algodón, producción clave para el desarrollo y la sustentabilidad económica de los pequeños productores; la situación es particularmente grave para los agricultores ya que estos perdieron hasta poco más del 50 por ciento de la cosecha anual.

Esta plaga se caracteriza por alimentarse con el polen de las flores de las plantas donde crece el algodón y por su alto nivel de reproducción, que lo hace aún más difícil de controlar. Para el **control y erradicación** del insecto se utilizan controles de tipo etológico (tubos mata picudos y trampas) y feromonas de escaso impacto para el cultivo y el medio ambiente.

Desde diferentes instituciones se encara este problema de difícil solución pensando en las acciones para enfrentar esta plaga y especialmente bajar su infestación y evitar su propagación futura.



Trampa Scout para *Anthrenus grandis*, Boheman (picudo del algodón).

Ocasionalmente se usan cultivos trampa para control de insectos aunque es limitado el número de insectos objetivo. Los primeros picudos del algodónero a comienzos de la estación pueden ser concentrados en algodónero sembrado de modo que llegue al estado de bellota susceptible antes

que las siembras principales y luego se le hacen aplicaciones selectivas con insecticida al lado de los cultivos que se desea proteger. Se usa una tira de algodouero del ancho de la cobertura de una sola pasada de una asperjadora de tractor o de avión. Añadir una feromona de agrupamiento del picudo del algodouero en esos algodoueros ayuda a concentrar los picudos para matarlos.

3.5.4. Manejo etológico del gorgojo del pino

3.5.4.1. Introducción

En América Central los gorgojos descortezadores del Pino han atacado severamente los bosques de pino en los últimos años. Durante el período 2000 y 2001, más de 100,000 hectáreas (ha.) de bosque de pino se vieron afectadas por brotes de gorgojo. En el 2002 los ataques llegaron a su cúspide, y desde entonces han declinado gradualmente. Un estimado bruto para el período completo (1999-2004) basado en diversas fuentes (por ejemplo la FAO) sugiere una cifra conservadora de 150,000 hectáreas afectadas.



Dendroctonus frontalis

En algunos países con altos porcentajes de cobertura de bosque de pino, son particularmente vulnerables a las consecuencias de los ataques del gorgojo que ocurren cada 20 a 30 años como parte de la dinámica natural del bosque. Esta dinámica tiene serias consecuencias económicas y ecológicas en los bosques que son manejados o habitados por seres humanos. Al carecer de una línea de métodos y herramientas completa para monitorear al gorgojo, identificación de plagas y su control, así como procedimientos para regenerar, manejar y cosechar el bosque, las consecuencias pueden ser devastadoras.



Vista aérea de afectación por *D. frontalis*

La pérdida del bosque de pino puede resultar en efectos indirectos como:

- Expansión de asentamientos humanos en áreas anteriormente no pobladas;
- Cambio de la tierra forestal a la agricultura y pastoreo;
- Erosión del suelo;
- Contaminación del agua y el suelo;
- Incremento en el número de incendios forestales debido a la acción humana.

En Nicaragua, la afectación causada por *D. frontalis* entre los años 1999 al 2001 provocó grandes pérdidas principalmente en los pinares de Nueva Segovia, siendo el área afectada de 32,359.41 Ha, lo que significó la pérdida del 50% del bosque, causando pérdidas económicas de 38,898.842 millones de dólares y un cuantioso daño ambiental.

Los incendios forestales, periodos de sequía prolongados, manejo inadecuado del bosque y la falta de aplicación de prácticas silviculturales predisponen al bosque al ataque de plagas.



Daño por *D. frontalis* e incendio forestal en los pinares de Nueva Segovia



Árboles de pinos afectados por *Dendroctonus frontalis*

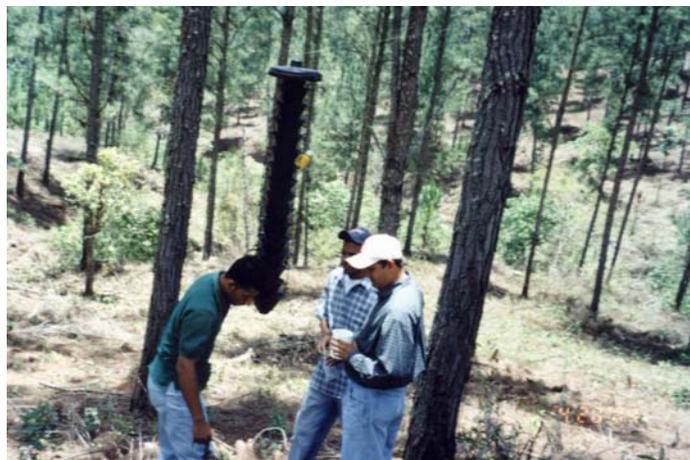
3.5.4.2. Feromonas

Las trampas de feromonas han sido populares tanto en América del Norte como en Europa para monitorear las poblaciones de insectos. Las trampas son relativamente baratas sin embargo las trampas de feromonas funcionan solamente durante algunas semanas, adicionalmente, las trampas recolectan solamente la especie para la cual ejercen atracción por las feromonas (por ejemplo, *Dendroctonus frontalis*). Para las otras especies más peligrosas, incluyendo *D. 'woodi'*, actualmente atacando los bosques de pino de Olancho en Honduras, Belice y Petén en Guatemala, no hay disponibilidad por ahora de feromonas producidas comercialmente. En terrenos montañosos, las trampas de feromonas al parecer son muy imprecisas.



Colocación de trampas con feromonas

Las trampas pueden recolectar distintos números de gorgojos aún al estar colocadas a pocos metros de distancia la una de la otra. Las condiciones del viento alrededor de las trampas son cruciales para atrapar insectos. Con una varianza estadística alta, las trampas de feromonas son consideradas muy imprecisas para constituir un indicador de las poblaciones de gorgojos como para justificar su costo alto, al menos en terrenos montañosos.



Distribución de trampas con feromonas en pinares

Las feromonas han sido probadas en los Estados Unidos de América y Europa para el monitoreo de poblaciones del gorgojo descortezador a fin de predecir fuertes ataques en los bosques. En el primer caso, las trampas con feromonas atrayentes se usan en gran número de unidades; teniendo como regla normal que una trampa puede salvar pocos árboles. Por lo que su utilización es con fines de estudio de una población que puede ser emergente. No es conveniente utilizarlas como un método de control por que resultan caras ya que no se producen localmente, teniendo que importarlas de Costa Rica o Canadá.



Trampa con feromona tipo Lindgren non-sticky usadas para capturar *Dendroctonus frontalis*.

Las feromonas son mejores como cebo en árboles trampa en vez de unidades plásticas prefabricadas (trampas). La razón de lo anterior es que se requiere menos feromona, y los gorgojos atraídos al árbol trampa producirán feromonas adicionales.



Trampas con feromonas usadas para capturar *Dendroctonus frontales*

Por medio de este método se trata una cantidad de árboles determinados para capturar cierta población de *Dendroctonus*, en un tiempo preciso y luego estos árboles son eliminados.

Asimismo hay feromonas que repelen a los gorgojos, son feromonas contra agregación (por ejemplo: Verbenone). Sin embargo existen varios problemas con este enfoque. En primer lugar, es caro y en segundo lugar los gorgojos que son repelidos del bosque tratado seguramente se movilizaran a otro lugar. En algunos países centroamericanos las feromonas hasta el momento han sido utilizadas solamente para monitoreos de poblaciones.

Es recomendable colocar dispensadores de feromonas en los troncos de algunos árboles en un rodal que está programado a ser cortado, es una de las mejores maneras de reducir las poblaciones del gorgojo descortezador. La cantidad de feromona necesaria es muy baja y por lo tanto económicamente factible. Los rodales cercanos a carreteras a menudo son seleccionados. Algunos cuantos dispensadores se colocan en ciertos árboles (15-20 árboles bastarán). Después de pocos días, si hay gorgojos en la vecindad, muchos de los árboles serán atacados y luego de 7-10 días el rodal tendrá que ser talado. A fin de preservar la calidad de la madera es conveniente extraer la madera y procesarla inmediatamente.



Dispensador de feromona en un árbol trampa

3.5.4.3. Ventajas y desventajas

Ventajas

- No afectan al ambiente ni fauna benéfica
- Dosis muy bajas
- No perjudican la salud
- Fácil empleo
- No crean resistencia
- Bajo costo
- Compatibles con programas MIP

Desventajas

- Especificidad
- Éxito de su uso depende del mantenimiento de las trampas
- Costos

3.5.4.4. Conclusiones

El uso de semioquímicos, incluyendo las feromonas, que modifican el comportamiento de los insectos aún es un área científica en desarrollo, están conscientes de la seguridad del medio ambiente y los peligros asociados con los insecticidas, junto con la tecnología para medir su presencia, han llevado a crecientes restricciones en su uso. Los costos de introducir nuevos insecticidas o inclusive registrar de nuevo los ya existentes, son altos y consumen tiempo. Estos problemas con los insecticidas han llevado a nueva tecnología de control. Las feromonas y otros productos químicos modificadores del comportamiento se encuentran en el medio ambiente en forma natural y ofrecen alternativas sin uso de insecticidas las cuales están siendo explotadas comercialmente tanto por nuevas empresas como por los gigantes de la industria de insecticidas.

3.5.5. Manejo etológico de la broca del café

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae) es considerada como la plaga más importante de este cultivo en el mundo, pudiendo ocasionar daños que pueden afectar hasta 80% de los granos, si no se utilizan medidas de control en los cafetales. Desde la primera introducción en nuestro país se han iniciado, trabajo de investigación con los productores de café en diferente zona, a fin de dar respuesta a sus inquietudes sobre el futuro del cultivo ante la presencia de esta nueva plaga. En la actualidad se cuenta con varias estrategias para el manejo de la broca en la zona, incluyendo métodos culturales, biológicos y etológicos, estos últimos se refieren a la conducta de la planta.



Trampas para capturar brocas del café

Algunas trampas para broca han sido evaluadas en otros países y se han obtenido respuestas exitosas en la captura de las hembras adultas cuando se utilizan mezclas de alcoholes y extractos de cerezas de café. De allí se ha originado la comercialización de dispensadores de alcoholes y de trampas, a los cuales no tienen acceso los pequeños productores, debido a los altos costos y al aislamiento de las unidades de producción.

El uso de trampas caseras, es una alternativa muy fácil y efectiva para el control de broca.

3.5.5.1. Función de las trampas

Estas trampas están basadas en la conducta de la broca para dirigirse a los sitios de alimentación. La hembra adulta, que es la que vuela, es atraída a la trampa, mientras que los machos son de alas atrofiadas y no pueden volar, solamente tienen como función fertilizar a las hembras a su salida del grano.



Trampa artesanal elaborada con envases de plástico desechable

Durante el proceso de maduración de los granos de café, estos liberan ciertas sustancias de naturaleza alcohólica que sirven como atrayentes a las hembras adultas. En base a estas consideraciones, se han realizado pruebas de atracción que demuestran que los alcoholes metílico y etílico juegan un papel importante como atrayentes al sitio de alimentación, es por ello que se han diseñado trampas con dispositivos para liberar dichos alcoholes. En la figura siguiente se muestra una trampa comercial, la cual consta de 3 vasos dispuestos uno sobre otro, los dos superiores son abiertos en el fondo y el de abajo es un vaso normal, en cuyo fondo se deposita un poco de insecticida para matar las brocas que llegan, pudiendo aplicarse también una sustancia pegajosa como vaselina o grasa para atraparlas y matarlas. En la parte superior interna se cuelga un dispositivo de plástico que contiene los dos alcoholes.



Modelo sencillo de trampa casera

3.5.5.2. Trampas artesanales

Las trampas artesanales son hechas con envases de plásticos desechables de los utilizados para envase de refrescos y los mejores son los de 2 y 3 litros de capacidad. A estos envases se les abren dos orificios rectangulares en la parte de arriba, formando dos ventanillas cuyo espesor o ancho no debería ser superior de 5 cm. En la parte superior se coloca el frasco dispensador de los alcoholes atrayentes al insecto y en el fondo del envase se coloca un poco de agua con jabón para que las brocas que entren y caigan al agua no se escapen y mueran ahogadas. Las trampas se deben colocar amarradas a la planta a una altura aproximada de 80 centímetros.



Colocación de trampas a alturas adecuadas

3.5.5.3. Cantidad de trampas por hectárea

En una hectárea de café con ataque de broca se pueden colocar entre 20 y 50 trampas y se deben estar revisando frecuentemente, para ver si se están liberando adecuadamente los alcoholes y cambiarles el agua. Este tipo de trampas supera las capturas de las trampas comerciales hasta más de 10 veces, logrando capturas de hasta más de 10.000 brocas/trampa/semana en zonas de alta infestación.

Algo sumamente importante es cuándo colocarlas en el cafetal. Se ha determinado que para su mayor efectividad, se deben colocar después de la cosecha, es decir cuando no hayan granos dentro de la plantación. Atendiendo esta consideración, en las zonas cafetaleras de Sanare, estado Lara, las mayores capturas ocurren entre los meses de enero y junio.

3.5.6. Manejo de la mosca de la fruta

Las moscas de las frutas constituyen una de las principales plagas de los frutales no solo en Centroamérica sino a nivel mundial, por el daño directo que ocasionan a la fruta, deteriora su calidad limitando la producción e impidiendo su acceso a los mercados nacionales y de exportación.



***Ceratitís capitata*, llamada comúnmente mosca de la fruta**

Dentro de este género se encuentra la especie *Ceratitís capitata* Wied, conocida como mosca del mediterráneo. Originaria de la costa occidental del África, desde allí se extendió a otras zonas tropicales y subtropicales, considerada como especie cosmopolita debido a su dispersión en el transporte de frutas. Los países importadores exigen tratamientos cuarentenarios para las frutas procedentes de regiones en donde existe la mosca del mediterráneo.

La larva es la que causa el daño a la fruta. Conforme crece y se alimenta, produce una serie de galerías en la pulpa del fruto que al oxidarse favorecen la proliferación de bacterias y otros organismos que pudren el mismo, creando zonas neuróticas, fibrosas y endurecidas de color café oscuro o negro. Muchas frutas con larvas aceleran su proceso de maduración y son fácilmente identificables porque se forman manchas de color café en el sitio donde la hembra insertó su ovipositor o porque aparecen manchas amarillas en frutas verdes. De esta forma es a veces posible separar los frutos dañados. Se considera que esta plaga es una gran limitante en los cultivos de mango y cítricos en Nicaragua, (CNEA, 2004).

Los principales daños se suelen producir sobre las variedades más precoces de mandarinas y naranjas.



Daño producido por la mosca la fruta en cítricos

La detección de moscas de las frutas es la primera etapa de un programa de manejo integrado de esta plaga, ya que permite establecer la distribución y los niveles de las poblaciones de las diferentes especies, como herramienta para la toma de decisiones sobre qué componentes de manejo aplicar.

Los dos principales componentes para la detección de moscas de las frutas son el monitoreo mediante trapeo sistemático y el muestreo de frutos afectados, complementados por la determinación taxonómica mediante clasificación de adultos, de larvas o criando las larvas provenientes de los frutos hasta llevarlas a estado adulto.

La detección de la plaga ha sido el principal motivo que ha impulsado el desarrollo de multitud de trampas y atrayentes para tefrítidos. Por otro lado, también se han aprovechado todos estos dispositivos de detección para el control de la plaga mediante trapeo masivo.



Modelo de trampa para la captura de la mosca fruta

3.5.6.1. Métodos de control

La tendencia actual es combinar de forma integrada las diferentes estrategias de lucha, el método etológico es uno de los más efectivos y sencillos, el cual consiste en el uso de trampas con sustancias atrayentes.

El trapeo es la técnica para detectar oportunamente la presencia de *Ceratitidis capitata* Wied., en estado adulto, determinar su oscilación poblacional y su distribución geográfica, determinar el nivel de infección en un área determinada y monitorear poblaciones de moscas de la fruta estériles liberadas y finalmente evaluar los controles químico y mecánicos.

Para capturar las moscas, previamente hay que atraerlas hacia una trampa. Según el tipo de atrayente utilizado, se diferencian en:

- Atrayente sexual.

- Atrayente alimenticio.
- Atrayente cromático.

Existen distintos tipos de trampas destinadas a este fin.

Según la forma de captura se pueden agrupar en:

- Trampas tipo McPhail.
- Trampas tipo Jackson

Los mosqueros y las trampas cazamoscas son frascos que se colocan a 2 metros de altura en la zona del árbol expuesta al mediodía. Se consigue la captura de los adultos y también el seguimiento de las poblaciones para realizar los tratamientos en el momento adecuado.

Como atrayentes se emplean numerosos productos como la cerveza, vinagre al 25%, fosfato biamónico, proteínas hidrolizadas y Trimedlure. Las proteínas hidrolizadas son extractos de diferentes productos básicamente vegetales como maíz y caña de azúcar. Estas proteínas al descomponerse desprenden amonio como componente volátil más importante.



Trampa tipo McPhail, usadas para capturar mosca de la fruta.

Las trampas tipo trampa McPhail, consiste en una Botella invaginada de vidrio o plástico transparente, con una abertura en su base por la que ingresan las moscas. Se llena con líquido atractivo constituido por una solución acuosa de proteína hidrolizada de diversa procedencia (maíz, soya, algodón, extractos de levadura) que contiene aminoácidos libres; se utiliza generalmente para capturar especies de género *Anastrepha*. Aún no se ha identificado exactamente cuáles son los compuestos derivados de la hidrólisis de la proteína que específicamente atrae a las moscas de la fruta. Este cebo líquido tiene mayor eficiencia en zonas de clima seco que en climas lluviosos.



Trampa Jackson se utilizan con el atrayente sexual Tridmelure para captura de moscas del Mediterráneo.

El manejo de moscas de las frutas se desarrolla mediante la integración de varios componentes, entre los cuales se consideran los más importantes: el control cultural y el control etológico.

La mejor forma de atacar a las moscas es atraerlas y atraparlas para que se mueran, utilizando trampas caseras y atrayentes alternativos.

3.5.6.2. Trampas atrayentes

A una botella plástica de gaseosa o agua, se le hacen dos huecos al lado y lado de 1.5 cm. de diámetro, lo puede realizar con una varilla caliente; luego con un alambre se hace un gancho en el cuello de la botella, de manera que se puedan colgar en los árboles. No olvidar que las botellas siempre deben tener tapa.



Trampa atrayente

Para preparar el atrayente se toma un pocillo tintero de miel virgen de caña (miel de guarapo) y se diluye en un litro de agua.

Con esta solución se llenan las trampas utilizando un embudo. Como se ve en la foto, a la cantidad por botella es de más o menos de 1 pocillo de café, que equivale a 100 centímetros cúbicos.

El principio de captura de los insectos, se basa en que éstos al entrar en la trampa y mojarse al caer al líquido, no pueden volver a salir. Captura ambos sexos

Para colocar las trampas en los árboles debe tenerse en cuenta: escoger los que tengan frutos; donde no les de el sol a la trampa y el aire circule libremente; a una altura entre 2 y 3 metros, mediante una vara que facilite su instalación. Se recomienda rotar las trampas de sus sitios y elaborar un mapa donde ellas se instalaron para facilitar su evaluación y mantenimiento.

IV. MÉTODOS INDIRECTOS DE MANEJO DE PLAGAS

4.1 Métodos culturales

4.1.1. Introducción

En el control cultural se hace uso de prácticas agronómicas rutinarias para crear un agroecosistema menos favorable al desarrollo y sobrevivencia de las plagas o para hacer al cultivo menos susceptible a su ataque. El control cultural tiene una larga historia, siendo una de las prácticas antiguas como la agricultura misma. El amplio uso de esta táctica en la actualidad es evidencia de que resulta útil. A menudo no se reconoce la ubicuidad de estas prácticas, ya que se han convertido en actividades perfectamente aceptadas e integradas al sistema de producción, (Bodan *et al.*, 1979).



Control cultural de malezas al pie del cultivo

Generalmente, el control cultural es de naturaleza preventiva antes que curativa, tiene un efecto extendido en el tiempo, implica muy poco o ningún aumento en los costos normales de producción, siendo en muchos casos una táctica de propósitos múltiples. Estas modificaciones ambientales representan en su mayoría algún cambio en las prácticas agronómicas, aunque su propósito sea de manejo de plagas y no la mejoría agronómica en sí. No obstante, estos cambios, para serle atractivos al agricultor, deben sacrificar en poco o nada la eficiencia agrícola.

4.1.2. Manipulación de la fecha de siembra

Con mucha frecuencia se puede evitar el daño de las plagas, o reducirse mucho, con el cambio o la selección cuidadosa de la fecha de siembra, aprovechando la distribución temporal de las plagas. Algunas otras, sin embargo, se encuentran presentes en números bastante uniformes a lo largo de la temporada del cultivo, por lo que con ellas no resulta apropiada esa técnica. Otras Plagas tienen períodos definidos en que ocurren picos de sus poblaciones o pico de su actividad destructiva. El ajuste de la fecha de siembra para asegurarse que estos picos ocurran durante un punto no crítico en el desarrollo del cultivo constituye uno de los usos de la manipulación de la fecha de siembra como método de control cultural.



Momentos de siembra adecuada

Esta selección de la fecha de siembra está ilustrada por el éxito de la siembra temprana del maíz en áreas de alta poblaciones de gallina ciega. Los adultos del género *Phyllophaga* y otros relacionados ovipositan en mayo o junio con las primeras lluvias. Todos los instares larvales se alimentan de las raíces de maíz y de otras gramíneas disponibles, sin embargo, la larva pequeña no produce daño al maíz tempranamente sembrado, pero el tercer instar larval, que aparece a principios de agosto, puede causar daños considerables a la plantación y reducir los rendimientos del maíz de siembra tardía.

La sincronización de las fechas de siembra dentro de una zona es una forma de uso ampliado de la estrategia para manejar las plagas. Esta uniformidad intrazonal en la fecha de la siembra expone a un número máximo de hospederos al ataque de un número mínimo de plagas en la zona, con lo que se reduce el daño por planta individual. La uniformidad en la fecha de siembra es útil en el control del picudo del algodón (Bodan *et al.*, 1979) para evitar los daños de la mosquita del sorgo y de los pájaros en este cultivo y para el manejo del gusano cogollero en el maíz (Anónimo, 1976)

En el caso del cultivo de maíz en Centroamérica puede ser especialmente instructivo. El maíz es usualmente sembrado tan pronto como es posible después del “Día de la Cruz” (3 de mayo). Esta práctica tiene tres propósitos: en primer lugar, minimizar el daño del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*; en segundo, exponer el cultivo a toda la lluvia posible; y en tercero, permitir suficiente tiempo para la resiembra si esta se hiciera necesaria. El control del gusano cogollero está basado en el hecho de que los pastos reverdecen con las primeras lluvias, que típicamente ocurren más o menos una semana antes del 3 de mayo, y por lo tanto son las primeras plantas verdes aceptables como sitios de oviposición. Las hembras del gusano cogollero producidas por esa generación en el pasto pronto oviposita en el maíz y otros cultivos. Pero sólo causan un daño mínimo al maíz porque las plantas han alcanzado ya un suficiente tamaño, siendo por lo consiguiente más tolerante al ataque de la plaga. Este tipo de programa tiene el mínimo costo de la siembra en cualquier otra fecha del año y es efectivo en el manejo del gusano cogollero.

4.1.3. Preparación de Suelo

La aradura y las operaciones de disqueo implican un vigoroso corte y volteo del suelo que pueden reducir sustancialmente las poblaciones de malezas, babosas, gallina ciega, gusanos cortadores y cualquier otra clase de organismos nocivos de los que habitan en el suelo. Aparte de la mortalidad directa causada por el corte del arado y los discos, esos organismos pueden morir de desecación o por quedar expuestos al ataque de depredadores, especialmente los pájaros, lo cual pueden constituir una importante causa de mortalidad



Preparación de suelo con tracción animal

Sin embargo, la preparación del suelo puede también tener efecto directo sobre los enemigos naturales. Se ha demostrado por varios investigadores centroamericanos (por ejemplo Shenk y Saunders, 1981) que puede ser ventajoso usar la aradura mínima para conservar a los organismos benéficos. Donde se usan las técnicas de aradura mínima, los enemigos naturales pueden ser más abundantes debido a que ahí encuentran refugios físicos y fuentes alternativas de alimento en la forma de invertebrados saprofitos. Otra ventaja de la práctica es que la cobertura de los restos del cultivo o de las malezas puede servir como camuflaje a las plántulas germinadas, con lo que se minimiza la oviposición de adultos que sobrevuelan o hace más difícil para las larvas de las plagas encontrar una plántula succulenta entre los rastrojos secos.

4.1.4. Rotación de Cultivos

Las rotaciones de cultivos se pueden considerar como una clase especial de asociación de cultivo, o sea, que las plantas son colocadas en relevo no intercaladas, Estas rotaciones pueden ser un método altamente efectivo para evitar daños serios de plagas en los suelos, incluyendo las bacterias y hongos causantes de marchites, nemátodos e insectos.



Rotación de cultivos

Esta técnica puede ser exitosa solamente cuando se hacen rotaciones de cultivos no susceptibles con susceptibles, lo que usualmente significa que se rotan plantas pertenecientes a familias ampliamente separadas taxonómicamente. El mejor ejemplo local lo constituye el sistema de maíz-fríjol, siendo el sistema maíz-sorgo minimamente efectivo. La rotación de cultivos hortícola puede involucrar a las solanáceas con crucíferas y cucurbitáceas. Cabe considerar que los enemigos naturales especializados (monófagos) pueden ser adversamente afectados por este procedimiento.

La rotación de cultivos es el establecimiento reiterado de una ordenada sucesión de especies cultivadas en la misma parcela. Es lo contrario del monocultivo o crecimiento del mismo único cultivo en la misma parcela a través del tiempo.



Esquema de cultivos alternos

Si la rotación es la sucesión ordenada de cultivos que se repiten en un cierto número de años, el cultivo simultáneo de las especies que intervienen en la rotación es la alternativa. En este caso, la finca se divide en diferentes parcelas, cada una dedicada a un cultivo diferente cada año, hasta completar la rotación. Estas parcelas reciben el nombre de hojas de alternativa o amelgas.

La rotación y la alternativa de cultivos es el primer paso para restaurar la biodiversidad en un agroecosistema que inicia el camino desde la agricultura industrializada o convencional, con un gran uso de insumos externos a la propia finca, hacia la agricultura ecológica. Se trata en este caso de establecer biodiversidad en el tiempo (rotación) y en el espacio (alternativa).

El desarrollo de la práctica de efectuar rotaciones se debió a que los cultivos establecidos de esta forma rendían más que si la misma especie se cultivaba continuamente durante un cierto periodo de tiempo en la misma parcela (monocultivo). El incremento en el rendimiento compensaba la reducción en la frecuencia de ocurrencia o en la superficie de un cultivo y el resultado es un incremento en la eficiencia en los cultivos. Es el llamado efecto rotación. Este efecto se basa en una serie de razones agronómicas, entre las que se encuentra el control que realiza la rotación sobre plagas y enfermedades.



Ejemplo de rotación de cultivos

El monocultivo da lugar a multiplicación de plagas y enfermedades específicas, ya que cada cultivo favorece la presencia de determinados organismos (insectos, hongos, bacterias, etc.) en su entorno. Cuando un cultivo se repite mucho (monocultivo), se incrementan las poblaciones de estos organismos, y algunos llegan a convertirse en dañinos para el cultivo. Ejemplo de ello es el “cansancio del suelo” que se presenta cuando se repite la plantación de cítricos en parcelas de la Comunidad Valenciana donde antes habían sido cultivados, y que es debido en buena parte a la presencia en el suelo del nematodo fitoparásito *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, que es favorecido por los cítricos.



Monocultivo maíz.

La rotación de cultivos es eficaz para el control de la proliferación de plagas y enfermedades que cumplen los siguientes requisitos:

- El inóculo procede de una fuente de la misma finca o de las cercanías. Esto incluye, por ejemplo nematodos, hongos, insectos, etc. que habitan en el suelo. La rotación en cambio no es eficaz para plagas altamente móviles, que pueden invadir desde zonas más lejanas.
- Son plagas y enfermedades que tienen un rango estrecho de huéspedes por lo que la ausencia durante varios años de estos, da lugar a la muerte o pérdida de viabilidad del inóculo de la enfermedad para producir la infección o de la plaga. No obstante, incluso cuando se trata de plagas polífagas o patógenas con un amplio rango de huéspedes la inclusión en la rotación de cultivos menos deseables puede ejercer un cierto control del problema. Así las plagas polífagas como los “gusanos del alambre” se ven influidas por el cultivo precedente. La batata o la patata dan lugar a un incremento de la población de estos insectos en el suelo, mientras que otros cultivos, como el nabo, el tabaco, el tomate, o la realización de barbecho blanco, la disminuyen.

4.1.5. Cultivos Asociados

En las zonas templadas hay un consenso general de que todo tipo apropiado de diversificación del agroecosistema puede conducirse a menos problemas de plagas, aunque sólo existen unos pocos ejemplos buenos de la exitosa aplicación de esta idea en la práctica. Por otra parte, en los trópicos, los cultivos asociados constituyen la norma. El valor de estos sistemas para el manejo de las plagas está solo comenzando a ser explorado. Sabemos, sin embargo que pueden ser importantes en el control de malezas, insectos y patógenos.



Ejemplo de Asociación de cultivos (Maíz y tomate)

Los sistemas de multicultivos conviene ser estudiados para determinar su importancia y practicabilidad, así como identificar los mecanismos por los cuales resultan efectivos para reducir los daños de las plagas.

4.1.6. Ventajas y desventajas

Ventajas:

Estos procedimientos generalmente no son costosos porque casi sólo son pequeñas modificaciones de prácticas de producción esencial e integrada. Virtualmente no causan

contaminación ambiental, excepto en los casos de preparación de suelo y quema de rastrojos. Muchas de las técnicas son selectivas y generalmente compatibles con otras tácticas. Adicionalmente, los procedimientos pueden tener varios propósitos a la vez (por ejemplo, se controlan muchas plagas del suelo simultáneamente): También, el desarrollo de resistencia en estos procedimientos no es común.

Desventajas:

Algunas técnicas pueden requerir una comprensión sofisticada de la biología de la plaga para ser aplicadas en una forma óptima. En algunos casos, el uso de estas técnicas puede reducir el potencial de los rendimientos mientras minimiza los costos de fitoprotección. Muchos de estos procedimientos son especialmente eficaces cuando se aplican sobre áreas relativamente grandes, pero requieren cooperación regional, que algunas veces, es difícil de asegurar. Estos procedimientos son preventivos en su mayoría, y por consiguiente, a veces serán aplicados en casos donde verdaderamente no son requeridos. Finalmente, el hecho de que sea elementos integrados indiscutibles del sistema de producción, puede significar que raramente su utilidad es completamente reconocida, ya sea por investigadores y productores; solo cuando el sistema de producción sea cambiado serán conscientemente identificados y apreciados. Esto es especialmente cierto en los complejos sistemas de policultivos de los agricultores tradicionales, (Howell, 1980).

El control cultural mejorará por medio del estudio cuidadoso de los sistemas tradicionales, mediante la identificación de elementos valiosos en los mismos, así como la creación consciente de nuevos procedimientos derivados de la investigación científica y las continuas innovaciones legadas a cabo por agricultores empíricos progresistas.

4.1.7. Conclusiones

Muchos procedimientos diversos se han incluido bajo el término de Control Cultural. Esta táctica es probablemente una de las cuatro más importantes ampliamente utilizadas; las otras son control químico, control filogenético y control biológico clásico. Es difícil definir con precisión las ventajas y limitaciones de tan heterogéneo grupo de procedimientos, pero algunas características, generalmente aplicables, se listan en las siguientes secciones.

4.2. Métodos Genéticos

4.2.1. Introducción

El mejoramiento genético toma como punto de partida la diversidad generada en las plantas por procesos naturales o provocados por el hombre. En genotipos silvestres o sus parientes cercanos, existe una rica fuente de diversidad a la cual se ha recurrido en busca de genes de **resistencia**. Otra fuente la constituyen las numerosas variedades locales, cultivadas por muchos años en regiones geográficas específicas y expuestas a selección natural, o a la realizada por el hombre. De modo que tales genotipos reúnen muchos genes útiles en la lucha contra las enfermedades. El posible uso de la diversidad genética en la solución de problemas fitosanitarios ha sido una de las razones por las cuales la conservación de los recursos filogenéticos ha despertado interés en todas

las regiones del mundo, ante la amenaza de perder esa riqueza útil no solo en la lucha contra las plagas, sino también para programas de mejoramiento de otras características.

4.2.2. Manipulación de las plantas

El uso de cultivares que sean resistentes o tolerantes a plagas insectiles es otra útil táctica que tomará una importancia creciente en el futuro. La resistencia de cultivos a insectos plagas es un método ideal para su control, ecológicamente adecuado y altamente compatible con otros métodos de control. Painter (1951) definió la resistencia de los cultivos a insectos como: “La cantidad relativa de cualidades hereditarias de una planta que influyen sobre el grado de daño causado por insectos. Esto significa para la agricultura práctica la capacidad de ciertas variedades de producir una mayor cosecha de buena calidad que las variedades comunes con igual población de insectos”. Con los años se han desarrollado muchas variedades de cultivos resistente a insectos, más notablemente en alfalfa, maíz, algodón, frijol, yuca, hortalizas, arroz, sorgo, soya y trigo.



Parcela de frijol resistente a insectos plagas.

4.2.3. Mecanismos de resistencia

Los diferentes mecanismos de resistencia de las plantas pueden dividirse en tres categorías principales (Painter 1951)

- a) **Preferencia o no preferencia:** la planta muestra un cierto grado de resistencia que produce un efecto adverso en el comportamiento del insecto.
- b) **Antibiosis:** La planta es resistente al ejercer influencia adversa sobre el crecimiento y su pervivencia del insecto.
- c) **Tolerancia:** la planta es capaz de soportar una población de insectos sin sufrir grandes pérdidas en vigor o crecimiento.

Los anteriores mecanismos de resistencia a menudo se presentan en combinación, y desde el punto de vista práctico es a veces difícil separar un mecanismo determinado, especialmente cuando se presentan altos niveles de resistencia. Por ejemplo los efectos adversos en el comportamiento del insecto, especialmente en sus hábitos alimenticios (no-preferencia), afectan

también su crecimiento y supervivencia. El término tolerancia en sentido estricto no es considerado por varios autores con mecanismo de resistencia ya que el insecto no es afectado adversamente.

4.2.4. Resistencia genética

Cuando una planta es expuesta a un patógeno, puede manifestarse como resistente por varias razones. En algunos casos obedece a que no es hospedera de ese organismo en particular por pertenecer a un grupo taxonómico completamente inmune al agente causal. En otros casos es porque tiene incompatibilidad genética (Resistencia) con el patógeno. Otra posibilidad es el escape, que ocurre cuando el proceso infeccioso se ha bloqueado por factores ajenos a planta o simplemente el inoculo no entra en contacto con su hospedero, debido al azar, el ambiente, el estado fonológico del hospedero o cualquier otro factor.



Plantas in vitro con alta calidad genética

En la resistencia genética o resistencia verdadera, la incompatibilidad hospedero- patógeno ocurre por la ausencia de reconocimiento químico entre ambos componentes o porque la planta posee mecanismos preresistentes o inducidos que actúan como barreras físicas o químicas. La resistencia manifestada por las plantas se ha clasificado en dos grandes categorías: resistencia horizontal y resistencia vertical.

Es importante tener en cuenta, que el desarrollo de la resistencia varietal no es la única solución a un problema de plagas, sino más bien un componente de un programa de manejo integrado de plagas. Afortunadamente la resistencia es compatible con otros componentes del manejo ya que es único insumo requerido es la variedad adecuada. Las interacciones de la resistencia con otros métodos de control que han sido estudiadas en general son favorables.

Si bien la resistencia de la planta puede protegerla del ataque de insectos puede también disminuir la densidad de los organismos por lo tanto la eficiencia de los depredadores y parásitos. En los estudios de Lingren *et al.*, (1978), las densidades poblacionales de depredadores y parásitos fueron más bajas en el algodón resistente debido a la menor densidad hospedero/presa,

aunque los dos componentes de manejo combinados permitieron un control superior. Los efectos de la resistencia al barrenador europeo en maíz combinada con un microsporidio (*Nosema pyraustae*) incrementó la infección de las larvas y su mortalidad en niveles progresivos de resistencia en la planta.

4.2.4.1. Resistencia vertical

La resistencia vertical (RV), tiene varias denominaciones equivalentes como: resistencia específica, cualitativa, monogénica, oligogénica o diferencial. A diferencia de la resistencia horizontal, esta es controlada por uno o unos cuantos genes. Debido al reducido número de genes participantes, su acción es muy específica y determina una clara incompatibilidad entre el hospedero y el patógeno. Esto hace que la duración de la reacción incompatible sea limitada, por cuanto se genera una presión de selección hacia genes de virulencia. Esto da como resultado la ruptura o quiebra de la resistencia vertical, debido a que los genes de resistencia en este caso confieren esa característica solo contra una o unas pocas razas del patógeno y al parecer una raza nueva o seleccionarse una (entre las ya existentes), con genes de virulencia diferentes, no encuentra barreras para establecerse y alcanzar poblaciones altas. Cuando esto ocurre la población de plantas queda vulnerable al desarrollo de una epifitía. Este tipo de resistencia no es afectada por condiciones ambientales, por lo que su manifestación es plena y además es muy fácil de incorporar en programas comunes de mejoramiento, por lo que es ampliamente usada en estos procesos.

4.2.4.2. Resistencia horizontal

La resistencia horizontal (RH), también tiene varios sinónimos usados por fitopatólogos, como por fitomejoradores. Entre ellos están: Resistencia general, de campo o durable, pero el término más universal es el de Resistencia horizontal.

En las plantas con (RH), existe un grupo de genes que rigen esa característica, por lo cual se considera que la RH es poligénica o multigénica. El efecto final se obtiene si actúan los genes en conjunto, pues cada uno de ellos por separado no funciona. El conjunto de genes participantes rigen diversos procesos fisiológicos en la planta. Esto previene la pérdida de resistencia, ya que el patógeno puede mutar uno o varios de sus genes pero no todos a la vez, razón por la cual la RH es muy duradera. Entre mas rustica sea una variedad, mayor es la RH, posiblemente desarrollada en un proceso evolutivo de la planta, expuestas a múltiples genotipos del patógeno. Cuando una planta se somete a prolongados procesos de mejoramiento, la RH se erosiona en los cruces y retrocruces conforme se estrecha la base genética. La RH confiere resistencia contra todas las razas de un patógeno determinado permitiendo niveles de daño muy leves que no amenazan la **convivencia** del hospedero y el patógeno, lográndose así una menor presión de selección hacia nueva razas.

Las plantas con RH, pueden presentar lesiones pequeñas, poco inoculo, ciclos más largos, etc., características que influyen directamente sobre la posibilidad de que la enfermedad llegue a la categoría de epifitía. Por la naturaleza poligénica de la RH, esta es mas influenciada por las condiciones ambientales, que pueden retardar o activar los genes según el estímulo externo que reciba la planta.

Desde el punto de vista de mejoramiento genético, este tipo de resistencia es muy difícil de incorporar en variedades comerciales, debido al número de genes involucrados.

4.2.5. Manipulación de las plagas

Si un insecto del suelo se distribuye uniformemente, resulta más económico confiar en las infestaciones naturales. Estas pueden ser manipuladas hasta cierto punto. Cultivos trampa u otros atrayentes pueden ser usados para atraer más insectos a las parcelas experimentales. Anticipadamente resiembran surcos de forrajeras alrededor de las parcelas remejoramiento para incrementar las infestaciones con la mosquita roja del sorgo. *Contarinia sorghico* en tanto que con hileras de mostaza intercaladas se incrementan las poblaciones de *Lygus* en el algodón. Los insecticidas selectivos pueden ser empleado para favorecer un insecto, tales como Carbaril en áfido, pero también pueden usarse productos químicos para reducir poblaciones muy grandes como sucede a menudo con *Empoasca* en fríjol. Otros métodos para obtener un nivel adecuado de infestación incluyen la manipulación de fechas de siembra para asegurar la evaluación cuando se presenten las poblaciones más altas, siembras intercaladas con otras variedades susceptibles, y otros factores culturales que se sabe influyen sobre los niveles de población.



Variedad de fríjol susceptible al ataque de *Empoasca. k.* nótese el amarillamiento y encurvamiento de las hojas característico del daño.

Si un insecto se presenta a menudo en niveles bajos o suele distribuirse en forma errática, entonces debe emplearse una infestación artificial para complementar o sustituir la población natural. Esto puede hacerse capturando o criando grandes poblaciones de insectos para liberarlos en las parcelas experimentales. Las crías masivas pueden hacerse en una planta hospedera o en dietas artificiales. Estas últimas proporcionan una fuente segura y uniforme de insectos pero son costosas y requieren buenos conocimientos de la fisiología y nutrición de las plagas. La habilidad para proveer insectos en cantidades grandes y uniformes combinada con una escala sensible de valuación de resistencia es a menudo la clave del éxito en el desarrollo de la resistencia varietal.

4.3. Métodos legales

4.3.1. Introducción

Desde que inició la agricultura, el hombre ha visto y comprendido lo que representan las plagas de insectos y que los problemas relacionados con ellas se complican años tras año. Antiguamente los insectos se limitaban a tomar sus alimentos de las plantas silvestres en donde habitaban, pero a medida que pasa el tiempo, fueron llegando colonizadores que trajeron nuevas plantas y los insectos nativos pasaron a ser comensales de ellas. Así, algunos de ellos pudieron multiplicarse rápidamente dando origen a nuevas y grandes poblaciones. Otro fenómeno que se dio fue la introducción accidental de muchas plagas de regiones o países en donde no eran importantes económicamente; pero al cambiar hábitat, encontraron condiciones favorables para su rápida multiplicación, un clima favorable, hospederos en grandes concentraciones, falta de enemigos naturales efectivos, desplegando así toda su habilidad para ocupar puestos de importancia en la destrucción de los cultivos. Con el correr del tiempo, se vio la necesidad de evitar la introducción de nuevas plaga y de minimizar el impacto de plagas ya establecidas. Esto constituye un breve antecedente del control legal.

El control legal incluye la aplicación de medidas de combate, que pueden ser o no de tipo preventivo, pero siempre basadas en disposiciones legales. Las medidas o métodos de control legal para las plagas comprenden aquellas que están regidas por leyes, decretos, reglamentos, etc., con los objetivos siguientes:

- a) Evitar en lo posible la introducción o el arraigo de plagas procedentes de otros países.
- b) Evitar y retardar dentro del propio país la dispersión de plagas localizadas en áreas restringidas.
- c) Reforzar y coordinar a nivel regional el combate del nivel de los insectos
- d) Asegurar la calidad y eficiencia de los productos químicos-biológicos

4.3.2. Vigilancia fitosanitaria

La vigilancia Fitosanitaria es “un proceso oficial, mediante el cual se recoge y registra información a partir de encuestas, verificación u otros procedimientos asociados con la presencia o ausencia de una plaga”. En el contexto de la producción vegetal y en el manejo integrado de plagas, la vigilancia es la observación regular de cultivos y plagas.

Esta constituye una base imprescindible en la protección de cultivos, estableciéndose directrices internacionales para el desarrollo de las actividades que involucran un programa de este tipo. Por tanto, la vigilancia fitosanitaria consiste en la aplicación de medidas y la ejecución de actividades encaminadas a tener la capacidad de detectar en forma oportuna y eficiente la presencia de plagas cuarentenadas dentro del territorio nacional y evitar en la medida de lo posible su establecimiento y posterior distribución. Asimismo, suministra información sobre presencia, incidencia y distribución de plagas endémicas, permitiendo mantener actualizado el estatus fitosanitario, listado oficial de plagas, apoyar en las declaratorias de áreas libres y análisis de riesgo de plagas.

Dentro de la actividades que se desarrollan en un programa de vigilancia están la de realizar monitoreos permanentes de plagas; identificación, diagnóstico y control ó erradicación de plagas

endémicas y exóticas; Capacitación a productores en vigilancia y fitoprotección; campañas de información y educación, generación de información técnica y bases de datos constantemente actualizadas y como un elemento clave para la efectividad del programa es necesario establecer una red de vigilancia voluntaria.

Pero la vigilancia fitosanitaria no solo se ocupa de las plagas exóticas sino que también se realizan trabajos de muestreo y monitoreo en plagas endémicas a fin de poder establecer sus dinámicas poblacionales y establecer con ello medidas de control oportunas que permitan disminuir el daño que estas plagas puedan ocasionar.



Medidas fitosanitarias en áreas o puestos de control cuarenténario

4.3.3. Cuarentena

Para conseguir algunos de los objetivos del control legal, se han establecidos en muchos países los sistemas de cuarentena. Se puede definir la cuarentena vegetal como el conjunto de medidas para efectuar la vigilancia del intercambio de productos y subproductos agrícolas, con el objeto de prevenir la introducción y propagación de las plagas precedentes de un área a otra, prohibiendo y restringiendo la entrada o movimiento de las plantas y sus productos.

Existen dos clases de cuarentena: **La internacional** y la **Interna o Doméstica**. La cuarentena **Internacional**, como su nombre lo indica, está relacionada con las plagas existentes en otros países y que no existen aún en el país importador: la **Cuarentena Interna o Doméstica** se dirige a plagas dentro del propio país, considerándose afectados solamente las partes del país en cuarentena. Con la cuarentena interna se quiere conseguir la erradicación, o evitar la distribución de la plaga a otras áreas del país.

Dentro de esta clase de cuarentena hay dos tipos que se aplican a los productos: a) la cuarentena absoluta y b) la cuarentena parcial.

La cuarentena Absoluta Prohíbe terminantemente la introducción o movilización en el territorio nacional de aquellos productos, subproductos o cualquier tipo de vehículo, que pueda representar un riesgo de introducir alguna plaga de importancia económica existente en el país de origen y que no existe en el país de destino o tránsito.

La cuarentena parcial permite la introducción de productos o subproductos, establecidos para ello regulaciones que demandan tratamientos, clase de empaques, puestos de entrada y otras medidas que garanticen el estado fitosanitario del producto.

El control legal a través de la cuarentena, constituye una de las primeras líneas de defensa de la protección vegetal, evitando la entrada de plagas de importancia económica o haciendo que les sea difícil establecerse. Mientras esta táctica funciona no hay necesidad de usar otras. Es necesario aclarar que las cuarentenas no evitan por completo la entrada de los insectos al país. Esto sería imposible, ya que sabemos que ellos tienen enormes recursos; pueden volar o movilizarse por el viento para escaparse a ser descubiertas en las inspecciones. En fin, no necesitan de pasaporte, ni de visa para entrar a cualquier país.



Inspecciones cuarentenarias en zonas fronterizas

El organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), como su nombre lo indica, lleva a cabo actividades regionales de protección vegetal y animal, especialmente para prestar cooperación y asesoramiento a los servicios de cuarentena de los países miembros. Fue en San Salvador, que se firmó el 29 de octubre de 1953, el “II Convenio de San Salvador” por los Ministerios de Agricultura de México, Centroamérica y Panamá. Este convenio creó a OIRSA, que inició sus actividades al finalizar la vigencia del Comité Internacional contra la Langosta (CICLA). Cada uno de los siete países de OIRSA, según el convenio, aporta anualmente una cuota. La sede de este Organismo Internacional estuvo inicialmente en Nicaragua y actualmente está ubicada en San Salvador.

Para conseguir sus objetivos por medio de las cuarentenas, los países han creado leyes básicas de sanidad vegetal, decretos, reglamentos, etc., que les permite tener un cuerpo de inspectores de cuarentena vegetal, quienes, previo adiestramiento, son acantonados en los diferentes aeropuertos, puertos y fronteras del país, siendo las personas encargadas de hacer cumplir la legislación encaminada a la protección contra las plagas foráneas (Berg, 1962).

4.3.4. Movimiento de material vegetal

La inspección del material vegetal es un proceso de gran importancia en la cuarentena. Esto puede realizarse en el país exportador, como requisito para emitir el certificado fitosanitario, o en el puerto de ingreso en el país exportador. El objetivo es detectar cualquier plaga en el material

trasegado, para recomendar su ingreso, la aplicación de algún tratamiento o la destrucción. También se dan inspecciones locales, para certificar la calidad sanitaria de semilla vegetativa o sexual, destinada a mercados nacionales o internacionales.

Algunas normas generales para reducir los riesgos de introducir nuevos materiales vegetales (organismos patógenos en plantas o partes de ellas), son las siguientes:

- a) Importar materiales solo desde países libres de plagas que se quiere evitar.
- b) Hacer importaciones solo desde países donde el servicio de cuarentena es eficiente.
- c) Solicitar certificados fitosanitarios del país de origen que garanticen la ausencia de organismos potencialmente peligrosos.
- d) Hacer importaciones mínimas de material vegetal, para reducir la posibilidad de importar plagas con el.
- e) Inspeccionar el material vegetal al ingresar al país.
- f) Importar solo material vegetal que ofrezca los menores riesgos de venir contaminados, como material micropropagado, *invitro* y semilla sexual.

4.3.5. Conclusiones

Se debe hacer énfasis en la importancia de estas leyes, que fiscalizan la formulación de los agroquímicos y la comercialización, evitando fallas en su elaboración y en las recomendaciones en general, haciendo cumplir los requerimientos que este tipo de leyes demandan, que sirvan para que los agricultores utilicen productos que con un buen manejo obtengan los resultados satisfactorios en el combate de las plagas. En el futuro se deben desarrollar y aplicar reglamentos similares a los agentes abióticos producidos para uso en el aumento de los enemigos naturales.

4.4. Manejo integrado de plagas

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1967), el MIP es: “Un sistema de manipulaciones de las plagas que, en el contexto del ambiente relacionado y la dinámica de población de la especie dañina, utiliza todas las técnicas y métodos apropiados de la manera más compatible posible y mantiene la población de la plaga a niveles inferiores a los que causarían daño económico”.

Según la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS, 1978), es: “Un sistema en el cual todas las técnicas disponibles son evaluadas y consideradas en un programa unificado para manejar poblaciones de plagas de tal manera que evita daño económico y se minimizan los efectos secundarios en el ambiente”.

Bottrell (1979) definió MIP como la “Selección, integración e implementación de control de plagas basadas en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas predecibles”.

Según el MAG/FAO/PNUD (1976), es: “Un concepto de control racional, basado en biología y ecología, trabajando junto con la naturaleza en vez de contra ella”.

4.4.1. Características de las acciones MIP

Tomando en cuenta estos criterios, las principales acciones de manejo pueden agruparse en dos grandes categorías: acciones de **Supresión Indirecta** y acciones de **Supresión Directa** de la Plaga.

4.4.1.1. Acciones de supresión indirecta

Estas pueden ser de dos tipos: acciones dirigidas a fortalecer la capacidad de las plantas a tolerar el daño de las plagas y acciones que garantizan un medio favorable al cultivo y desfavorable para las plagas. Entre las acciones de supresión indirecta podemos mencionar:

- Uso de tutores: en tomate evita el contacto de frutos con el suelo lo cual ayuda a reducir pudriciones causadas por hongos.
- Uso de semilleros tapados con malla anti-mosca blanca. Se trata de una malla muy fina que no permite la entrada de este insecto.

4.4.1.2. Acciones de supresión directa

Estas consideran acciones dirigidas a las plagas para reducir su incidencia y acciones dirigidas a los enemigos naturales para aumentar su actividad y reducir la incidencia de las plagas. Entre las acciones de supresión directa, tenemos:

Control físico y mecánico: este contempla el uso de trampas, y/o recolección directa de las plagas, uso de calor, etc. Ejemplos de control mecánico el uso de trampas y la recolección y destrucción manual de picudos en plátanos, el uso de trampas con granos de café fermentados para la recolecta de broca, la gallina ciega puede ser manejada a través de campañas de recolección en las épocas de mayo a julio o sea al momento que inician las lluvias, que es cuando se presentan las mayores poblaciones de adultos que salen a alimentarse y a copular o también utilizando diferentes tipos de trampas que pueden ser, lumínicas o trampas amarillas.

4.4.2. Desarrollo e implementación de las acciones MIP

La filosofía y la práctica del MIP han ganado enorme atención tanto entre los técnicos como entre el público. El efecto sobre el pensamiento ha sido tan profundo que no es razonable creer que pueda haber un retorno a lo que se practicaba hace dos décadas. Para poder entender mejor el significado del MIP se deben revisar los factores que están impulsando su desarrollo

El MIP es el resultado lógico de avances en toxicología, ecología, control biológico, genética y otras disciplinas. Mientras el MIP fue concebido hace varias décadas, el desarrollo práctico de programas tuvo que esperar la maduración de varias disciplinas que le auxiliaran y proveyeran los aportes necesarios para desarrollar programas eficaces en el campo. Se presentan a continuación unos pocos ejemplos con el objeto de dar una idea de cómo ciertas disciplinas de importancia clave para el MIP han avanzado en un tiempo relativamente corto.

Es deseable que ciertos organismos sean dañados por los compuestos que se usan para controlar insectos nocivos. Cuarenta años atrás no había manera de usar los insecticidas en forma selectiva; solamente unos pocos venenos inorgánicos de amplio espectro se encontraban disponibles. Además faltaban metodologías de aplicaciones eficaces y versátiles. Sin embargo, en la

actualidad, grandes números de químicos altamente específicos han sido descubiertos y muchos de ellos están llegando a jugar papeles centrales en programas del MIP.

Para el futuro se puede esperar más progreso tanto en toxicología como en técnicas de aplicación. Hace unos 40 años la eficacia e importancia de los agentes de control biológico fueron mayormente creencias e hipótesis en vez de hechos científicos. Actualmente, hay pocas dudas sobre el papel clave que juegan los enemigos naturales en el control de plagas. Irónicamente, este nuevo entendimiento es debido al uso amplio de insecticidas y a los consecuentes rebrotes de especies que anteriormente estaban bajo control biológico natural. Los químicos han probado ser un instrumento experimental muy útil para demostrar el valor de los enemigos naturales. El control biológico no solamente ha mejorado su credibilidad sino también su metodología. La biosistemática, el transporte aéreo así como tecnologías y técnicas nuevas han sido factores claves en la maduración de este como ciencia.

La ecología, así como las otras ciencias, han crecido recientemente. Solamente con el desarrollo y la comprobación de ciertos conceptos ecológicos, (Ejemplo: redes alimenticias, dinámica de poblaciones, estrategias de supervivencia) se pudo establecer la base sólida en donde se coloca la teoría de MIP. Es más, el desarrollo de la ecología cuantitativa ayudada por computadoras han hecho posible cierta clase de enfoques y metodologías, las cuales no hubieran sido siquiera consideradas hace una generación.

La genética moderna ha probado ser una ayuda en el desarrollo de cultivares resistentes a plagas y enfermedades. Además ha ayudado a los entomólogos a entender tanto el desarrollo de biotipos de plagas y razas resistentes como el combatir estos fenómenos. Inclusive en los últimos años, se ha podido hacer uso de insectos estériles y enemigos naturales resistentes a pesticidas.

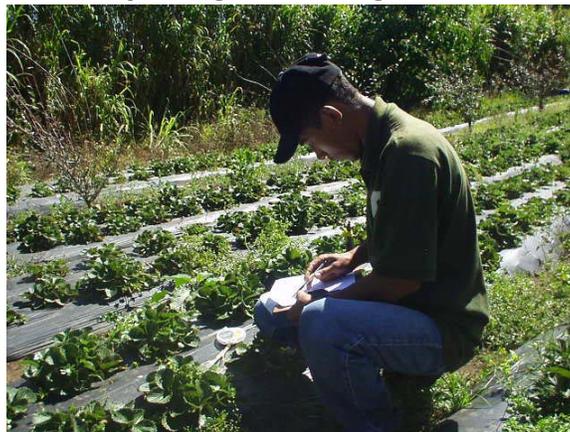
Notables y esenciales avances similares pueden ser citados para la mayoría de disciplinas que auxilian en la investigación y aplicación del MIP. Tomado como un todo, el MIP ha florecido repentinamente dado que los últimos años ha venido a ser técnicamente posible.

V. ELEMENTOS ÚTILES EN EL MANEJO DE PLAGAS

5.1. El muestreo de plagas

La presencia de organismos vivos dentro de un campo agrícola no significa que estén causando daños al cultivo, por tanto es necesaria su identificación, determinar su densidad poblacional, características de distribución, etc. Los procedimientos que permiten calcular ó estimar la densidad de las poblaciones de insectos u otros organismos se conocen como técnicas de muestreo o técnicas de evaluación. Una simple labor de recolección de organismos puede dar un indicio de la abundancia o escasez de una especie determinada, según el grado de dificultad que tiene el recolector para localizarla. Si la recolección, se hace considerando la frecuencia de captura en distintos puntos del área de recolección, se tendrá además una idea de su distribución. Sin embargo, aún cuando se tomen datos de sus hábitos alimenticios y tipo de daño, no será posible en forma precisa determinar si está causando daño económico.

El conocimiento del nivel de la población de un organismo, tiene diferentes objetivos o propósitos, los cuáles se pueden separar en dos grandes grupos: a) Para investigación básica de distintas áreas de la fitoprotección; b) para la toma de decisiones en la ejecución de programas de manejo integrado de plagas. El muestreo con fines de investigación básica, requiere de estimados precisos de los parámetros, y es esencial para determinar fluctuaciones estacionales, umbrales económicos, tablas de vida, tasas de mortalidad, etc. El muestreo para la toma de decisiones en la ejecución de programas MEP, requiere de estimados menos acuciosos, pero rápidos y lo mas apegados a la realidad, para poder clasificar las poblaciones en categorías de decisiones, tales como “aplicar” o “no aplicar” una medida de manejo ó control. El muestreo de los organismos vivos, constituye el cimiento de un edificio, por cuanto a partir de él se construyen las columnas que sustentan la ejecución del Manejo Integrado de Plagas.



Muestreo con fines de investigación

Los encargados de realizar los muestreos deben tener una preparación y adiestramiento en el sistema de cultivo que habrá de muestrear. Esto ayudará a identificar las plagas, caracterizar las etapas de crecimiento del cultivo o estimar apropiadamente los daños. Además sin una capacitación apropiada, los encargados de realizar los muestreos, no serán capaces de diferenciar las plagas de los organismos benéficos. Todos los esfuerzos en la protección vegetal se concentran por último en la cuestión de la prevención o la reducción de pérdidas en las cosechas. Para lograrlo hay que tomar decisiones respecto de la aplicación de medidas de control o manejo.

La toma de muestras en el cultivo es una parte importante en la secuencia de acciones que es el proceso de tomar decisiones en el manejo de plagas.

El muestreo es una técnica basada en la matemática para obtener una información de las variables de una plaga en objeto de estudio (rendimiento, severidad de una enfermedad, densidad de población de una plaga, etc.). Su aplicación en el campo comparte información, teórica y práctica que tiene que ser manejada con cuidado. Si se quiere saber algo, por ejemplo, un gran número de plantas en el campo o un cargamento de limones o naranjas, normalmente es imposible revisar cada planta o cada fruto, en el aspecto que interesa. Por lo tanto, hay que sacar de algún modo, las conclusiones sobre la situación en el campo basándose en un número relativamente pequeños de plantas o frutos. Este número pequeño de plantas o frutos que se puede revisar, se llama “muestra”, y tomando esta muestra de la población total de plantas o frutos, se refiere a un “muestreo”. Si interesan una o más características de las plantas o frutos, se habla de las “unidades de muestreo”.

El pequeño número de elementos de la muestra tiene que reflejar lo más cerca posible la variabilidad entre las plantas en el campo o entre los limones o naranjas en el cargamento. Para realizarlo correctamente, la manera de tomar las muestras o el método de muestreo tiene que seguir una serie de reglas, que si se descuidan se corre el riesgo de obtener, basado en la muestra, una impresión totalmente falsa de la situación real. Una definición de muestreo, se puede establecer de la siguiente manera: es el acopio o no (en dependencia del tipo de plaga o enfermedad, tipo de planta, objetivos que se persiguen, etc.) de insectos, ácaros, enfermedades y plagas en general, en sus distintas fases biológicas y/o parte de plantas, con el objetivo bien definido de conocer, en un momento dado, las poblaciones de insectos, ácaros ó el índice de infección de las enfermedades, en un área agrícola determinada.

Lo anterior contiene lo siguiente:

Elemento: Objeto que se observa o se mide.

Población: Conjunto de individuos sobre los que deseamos hacer referencia.

Muestra: Parte de la población.

Marco de muestreo: Lista de unidades de muestreo.

Unidades de muestreo: Conjunto de elementos que son seleccionados y observados en el muestreo.

Universo: Conjunto de todas las unidades de muestreo.

Muchas veces: Unidad de muestreo = Elemento.

Estimadores: Son características de la muestra, ejemplo: número de insectos por planta; promedio de todas las plantas de la muestra.

Densidad: Se refiere al número de individuos por un área determinada. Al respecto se tienen.

Densidad Absoluta: Es el resultado de la determinación del número total de individuos en un área cuando es posible contar todos los individuos. Por ejemplo, número de larvas de gusanos blancos por hectárea.

Densidad Relativa: Es el resultado de la determinación del número de individuos en una unidad de muestreo arbitraria debido a que no es posible determinar todos los individuos.

Estimado Absoluto: Aún cuando no se evalúa todos los individuos de un campo, se estima la densidad absoluta, debido a que la unidad de muestreo es una proporción conocida del área total.

Por ejemplo, cuando se determina el número de gusanos cortadores por m² ó número de larvas por planta, se puede estimar la densidad por hectárea si se conoce el número de plantas por hectárea ó se multiplica por 10,000.

Estimado Relativo: Cuando se determina el número de individuos en una unidad arbitraria que no es una parte conocida del área total ó es muy difícil calcularla. Por ejemplo: número de moscas blancas por hoja.

Índices de Población: Ocurre en los casos en que los individuos no pueden ser contados, pero si los productos ó evidencias dejadas por ellos. Ejemplo: número de puparios por m², número de perforaciones por tallo, etc.

Como se podrá apreciar, en la práctica lo que más se utiliza son las densidades relativas porque permiten comparar tratamientos, tendencias de fluctuaciones poblacionales tanto en el espacio como en el tiempo; inclusive muchos de los niveles de daño económico están basados en estimados relativos, luego que se ha establecido la asociación que existe entre nivel de infestación y pérdida de rendimiento, lo cual es importante porque tiene que ver con la rentabilidad económica para el agricultor.

5.1.1. Principios básicos relacionados con el muestreo

Una metodología de evaluación para ser lo más precisa posible debe considerar en su estrategia, un conocimiento previo de los tipos de distribución de la población, de los métodos de muestreo y de los factores que pueden influenciar al mismo. Las características de la población tienen que ser representadas adecuadamente por la muestra. Esto implica que aún con métodos de muestreo buenos y fidedignos, no se puede garantizar una seguridad absoluta sobre la situación de la población de la cuál se tomo la muestra. Un método bueno de muestreo ofrece una alta probabilidad de que la situación real de la población sea como se presume, debido al resultado del muestreo. Aunque el muestreo no da una “seguridad” cien por ciento, es posible, sin embargo, obtener una información fidedigna del campo o del cargamento de limones o naranjas. La alta probabilidad de resultados correctos se basa en los buenos métodos del muestreo. Una muestra es un juego de unidades o una parte de un agregado de material que se seleccionó con la esperanza de que sea representativo de todo el agregado o como se dice, de una población. Pueden ser fincas, campos o partes de ellos, la planta hospedera o un órgano particular de ella. Las entidades menores en esta secuencia se pueden utilizar como muestras inferiores y/o unidades de muestreo (los que pueden tener “elementos”, por ejemplo, horas individuales).

Una buena muestra cumple con las siguientes condiciones:

- 1- Todos los elementos de la población revisada deben de tener la misma oportunidad de ser revisados.
- 2- La unidad de muestreo debe ser estable durante el procedimiento del muestreo.
- 3- La proporción de la población entera que usa la unidad de la muestra como un hábitat tiene que permanecer constante.
- 4- La unidad de muestreo debe ser fácilmente reconocible.
- 5- La unidad de muestreo debe tener un tamaño práctico con relación a los recursos disponibles y la precisión deseada.

6- Los datos del procedimiento de muestreo deben referirse a una unidad de área.

La información sobre las situaciones de plagas o enfermedades en el campo se deriva de los datos que son el resultado del muestreo o conteo. Estos datos pueden ser:

1- Continúo (masa, peso, temperatura, etc.), o interrumpido (número de larvas, número de plantas infectadas por hectárea).

2- Ordenados o agrupados en ciertas categorías o escalas:

a) Escalas nominal (clasificación, equivalencia) (limón, arroz, maíz, trigo, yuca).

b) Escala ordinal (rango) (tamaño: limón, piña, papaya, coco).

c) Escala de intervalos (tamaño del intervalo) (temperatura en ° C).

d) Escala de relaciones (verdadero punto cero, relación independiente, peso).

Estimaciones de la población::

a) **Absoluto:** número de insectos/ha.

b) **Relativo:** proporcionalmente, como por ejemplo, los resultados de las trampas de luz.

c) **Indirecto:** incidencia de la enfermedad o infestación de la plaga, expresado en clases, o estimación de la población basada en efectos, como por ejemplo, las heridas causadas a una planta. Las unidades de muestreo forman la base de los muestreos. El muestreo se puede hacer con o sin necesidad de remover las plantas. Por lo general, los métodos de muestreo deben ser simples, seguros y uniformes. Esto incluye otros requisitos como, formularios sencillos diseñados para registrar únicamente la información necesaria. Si el material es uniforme, el muestreo no causa problemas. En casos en que no esté disponible este tipo de material, como en el caso de plagas y enfermedades, se deben observar reglas para asegurar que el muestreo sea verdaderamente representativo.

Cuáles son los requisitos previos que deben observarse cuando se seleccionan los métodos de muestreo en reconocimientos respecto a pérdidas de cosechas

- Variabilidad en las enfermedades y plagas, esto es, aumento de la intensidad que ocurre en fecha(s) del muestreo, por ejemplo en el estado crítico o durante cualquier tiempo de la evaluación.
- Patrón de distribución de las enfermedades y plagas en el campo.
- Grado deseado de precisión en la evaluación de una enfermedad (en términos del coeficiente de variación) y una preferencia en el cálculo de menos de 1/10 de la desviación estándar.
- El costo y tiempo involucrado en el muestreo (eficacia de los métodos de muestreo).

Por lo general, se requieren algunos reconocimientos previos para los ensayos y la verificación de un método de muestreo antes de adoptarlo. Fuera de otros aspectos, se debe verificar si el método es correcto, si permite medir la precisión y asegura la confiabilidad máxima por unidad de costo.

5.1.2. Poblaciones versus muestreo

Tenemos que tener claro que:

Rara vez puede conocerse con exactitud la densidad, variedad ó tamaño total de las poblaciones de organismos en la naturaleza. Para estimar estos parámetros se recurre al muestreo. El valor de los datos de muestreo para estimar los verdaderos parámetros poblacionales dependerá de lo apropiado de los métodos y diseño de muestreo. Siendo que las decisiones MEP se basan en datos

de muestreo, se necesita saber en que medida esos datos son “buenos” y que también reflejan la verdadera situación en el campo. Para ser capaz de saber si los datos son “buenos”, se necesita tener una comprensión del significado y los métodos computacionales de variables estadísticas (promedio de muestreo, desviación estándar, varianza, error estándar y la media). Quien toma las decisiones, necesita saber como usar y estimar la estadística total de la población y tomar así decisiones MEP.

5.1.3. Pasos importantes en una planificación de muestreo

Identificar interés: definir el tema de estudio sobre el cual se desea hacer inferencia.

Establecer los objetivos: deben definirse de manera clara y concisa remitiéndose a estos conforme se vaya progresando en el diseño del muestreo.

Determinar la población objetivo: definir las características de los elementos a ser muestreados, por ejemplo, cuando se trabaja con árboles maduros (frutales, forestales, etc.) se debe establecer los criterios que consideran un árbol como maduro.

Seleccionar el marco muestral: es una lista de las unidades de muestreo y debe coincidir lo más posible con la población objetivo. Puede ser por ejemplo, la lista de fincas de limón pérsico dentro de la zona o región de interés.

Definir el diseño del muestreo y aleatorización: el diseño debe proveer suficiente información para los objetivos del muestreo. La aleatorización dentro del diseño del muestreo disminuye el riesgo de sesgo. También se debe definir la unidad de muestreo, que puede ser un surco, unidad de tiempo, parcela, transepto, punto, etc.

Definir variables a medir: como por ejemplo, diámetro y altura del árbol, número de especies, cantidad y/o tamaño de frutos. Las variables escogidas deben proveer información adecuada a los objetivos de la investigación.

Definir procedimientos para las mediciones y la toma de los datos: según los objetivos, el tiempo y recursos disponibles.

Determinar y adecuar los instrumentos de medición: deben ser adecuados para las variables a medir, de manera que disminuyan la posibilidad de error en el proceso de toma de datos y que aumenten la eficiencia de esta.

Seleccionar y capacitar a los técnicos de campo: es necesario capacitar adecuadamente a los tomadores de datos para reducir el riesgo de cometer errores al momento de recoger los datos.

Realizar una prueba piloto para inferir la eficiencia y confiabilidad del método seleccionado: es conveniente para determinar posibles errores de diseño y que puedan ser corregidos antes de iniciar el muestreo.

Organizar el manejo de la base de datos: seleccionar y utilizar adecuadamente los programas computarizados cuyas salidas permiten procesar en forma clara la información. Además deben establecerse esquemas de control de calidad de los datos.

Análisis de los datos: Interpretar los resultados según los objetivos perseguidos. Si se considera el reporte final antes de realizar el muestreo, puede tenerse más cuidado en la selección de los aspectos a medir.

5.1.4. Tipos de distribución espacial

5.1.4.1. Distribución al azar ó fortuita.

Es el tipo de arreglo más simple; las hipótesis ecológicas requeridas para aceptar que los individuos se hallan distribuidos al azar son: Que la presencia de un individuo en un cierto punto no afecta la ubicación de otro individuo. Esta distribución casi no ocurre en condiciones naturales, porque supone que todo el espacio reúne condiciones de habitabilidad y que los individuos de una población no interactúan ó son indiferentes a la presencia de otro.

5.1.4.2. Distribución uniforme ó regular

Es un tipo de arreglo condicionado a que se cumpla la primera hipótesis de la distribución al azar, pero no la segunda. Es decir que aún cuando todo el espacio sea igualmente habitable, los individuos interactúan compitiendo por un recurso del medio como es el espacio ó el alimento, que obliga a que cada individuo ocupe un territorio más o menos constante. Esta situación en la naturaleza es más común de lo que se cree, especialmente en ecosistemas de monocultivo y por cortos períodos de tiempo.

5.1.4.3. Distribución agregada, agrupada ó amontonada

Está condicionada a que no se cumpla ninguna de las hipótesis de la disposición al azar. Si no se cumple la primera se estará frente a un hábitat no uniforme que puede presentar condiciones óptimas medias ó nulas de habitabilidad, que determina una diferente acumulación de los individuos. Aún cuando la heterogeneidad del medio no sea muy grande, puede fallar la segunda hipótesis y producirse una interacción positiva entre los individuos que define un fenómeno de agregación como es el caso de agrupaciones con fines reproductivos, de alimentación, hibernación, estivación, hábitos de postura, hábitos sociales, etc. Este tipo de distribución es la más frecuente en la naturaleza especialmente en grandes áreas de vegetación natural ó donde hay gran variabilidad en los tipos de plantas y sus estados de desarrollo.

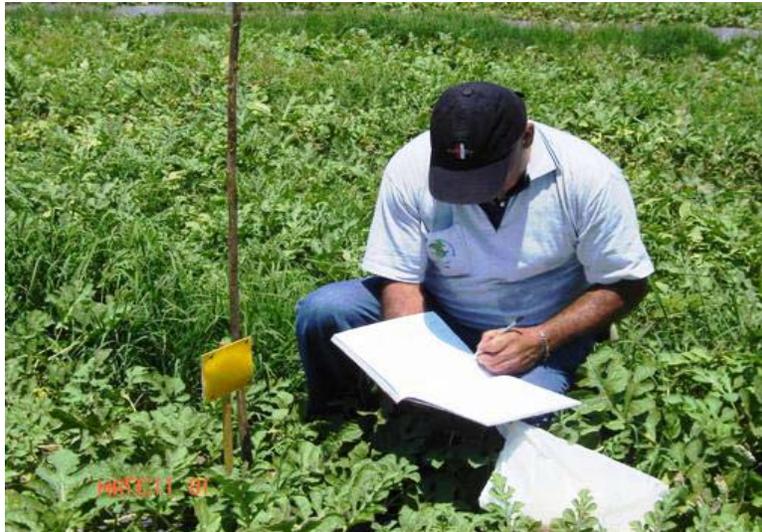
5.1.5. Tipos de muestreo

El conteo total de los individuos que integran una población es casi imposible de realizar en la práctica debido a limitaciones de tiempo, personal, accesibilidad, riesgos de destrucción del hábitat y falta de recursos económicos. Por lo tanto en la mayoría de casos se tiene que recurrir al muestreo para estimar la población.

Referente al tipo de muestreo, en la práctica se reconocen tres métodos:

5.1.5.1. Muestreo absoluto: Se realiza contando todos los insectos presentes en todo el campo agrícola.

5.1.5.2. Muestreo relativo: Es aquel en el que se toma una muestra representativa de los insectos presentes en el campo agrícola en un momento determinado.



Ejemplo de muestreo aleatorio

5.1.5.3. Muestreo aleatorio: Se realiza tomando las muestras de los insectos en sitios seleccionados al azar, en un tiempo determinado.

5.1.6. Importancia de la aleatorización

Cuando se va a determinar la muestra para inferir la información que se requiere de una población es importante en muchos casos hacer una aleatorización para que todos los elementos de la población tengan la misma posibilidad de ser muestreados y no tener riesgo de error por sesgo. Un ejemplo de aleatorización es cuando enumeramos los elementos de la población en orden ascendente, desde 1 hasta “N”. En seguida se obtiene un número aleatorio de la calculadora (entre 0 y 9) y se multiplica por el valor de “N” el valor obtenido aproximado al número entero más cercano nos indica el elemento de la población que será parte de la muestra. Este proceso se repite hasta completar el tamaño de la muestra deseada “n”. En el caso que se obtengan de esta multiplicación números para los cuáles no hay un elemento correspondiente en la población (aquí por ejemplo puede salir el número cero aunque la población solamente tiene elementos desde 1 a “N”, simplemente ignoramos este número y continuamos el proceso de aleatorización.

5.1.7. Muestreo al azar estratificado

Es aquel en que el hábitat o campo se divide en estratos debido a la presencia que tienen los individuos por un hábitat especial. En cada estrato se toman unidades al azar de tal forma que la muestra total está constituida por elementos de cada estrato.

Ejemplo:

- a) Dividir la planta en tercios para evaluar áfidos.
- b) Dividir un árbol en cuadrantes para evaluar querasas.

El muestreo al azar estratificado, tiene ciertas variantes que dependen de una serie de factores; algunos ejemplos de estas variantes son:

- Con fracciones uniformes de muestreo.
- Estratificación múltiple.

- Estratificación de una fracción variable de la muestra.
- Muestreo dentro de estratos con probabilidades.

Si en una población “N” se va a tomar una muestra de “n” unidades, entonces se puede determinar el intervalo de selección “K” de tal manera que: $N = Kn$, tomando “K” como el número entero más próximo que se obtenga del cálculo en la anterior relación. Si se trata de efectuar un muestreo sistemático en plantaciones más o menos regulares y donde son reconocibles las posiciones de las plantas según los surcos y con distanciamientos uniformes entre planta, se puede implementar el muestreo sistemático por el método de cuadrícula. Utilizaremos como ejemplo un cultivo de cítricos de 10 hectáreas en un terreno rectangular con una población total de 3,000 plantas, con distanciamientos de siembra más o menos uniformes: entre surcos 2 metros y entre planta 1.65 metros. Supongamos que la unidad de muestreo es una planta de cítrico y el tamaño de la muestra 100 plantas. Guardando cierta proporción con las dimensiones del terreno cultivado (400m. X 248m.), podemos figurar que las 100 plantas a muestrear se pudieran elegir de 10 surcos y de 10 plantas por cada surco seleccionado ($10 \times 10 = 100$ plantas).

Otro ejemplo, es el muestreo de mosca blanca *Bemisia tabaci* en tomate: para efectuar este tipo de muestreo se debe elegir un punto arbitrario y, a partir de ahí, inspeccionar una planta cada cierta distancia (en metros ó pasos), hasta completar 30 plantas. Es importante cubrir toda la parcela ó campo con el muestreo. Es importante tener claro que la estructura a muestrear es la “hoja clave”. Para ubicar dicha hoja, se debe buscar la inflorescencia más alta que tenga al menos una flor abierta. A menudo los objetivos del muestreo no siempre requieren de una estricta randomización como se verá más adelante, dando lugar a una especie de muestreo “selectivo” ó “dirigido” como ocurre al recolectarse larvas para determinar el porcentaje de parasitismo, por moscas Tachinidae, avispas Braconidae, Ichneumonidae, etc.



Muestreo de mosca blanca *Bemisia tabaci* en cultivo de tomate

El muestreo sistemático y las principales diferencias con el muestreo aleatorio

- La selección se hace según un patrón predefinido (cada “K” números de elementos).
- Cada elemento de la población no tiene la misma probabilidad de selección.

- Después de haber seleccionado un elemento en forma aleatoria los ($n - 1$) otros elementos son seleccionados en forma automática. Hay menos grados de libertad (observaciones independientes).
- El tamaño de la muestra es una variable aleatoria porque no puede determinarse antes de haber establecido los intervalos ($1/k$). No puede determinarse exactamente antes de la selección.

En los tipos de muestreo, los tres anteriores (Muestreo al azar simple, Muestreo al azar estratificado y Muestreo sistemático) son los más utilizados en los campos agrícolas; pero también existen otros, como los siguientes:

- Muestreo de etapas múltiples.
- Muestreo de fases múltiples.
- Muestreo con probabilidades proporcionales al tamaño de la unidad.
- Muestreo equilibrado.
- Muestreo de una línea.
- Muestreo en ocasiones sucesivas.
- Muestreo secuencial.

En la actualidad existe en la literatura especializada varios ejemplos de programas secuenciales para plagas importantes de cultivos. El muestreo secuencial se basa en que el número de unidades de muestreo no son fijas sino variables. Se toman muestras hasta que los resultados indican que la población se encuentra por encima ó por debajo de un límite prefijado que será el umbral de tratamientos ó acción. Los datos obtenidos se pueden interpretar con la ayuda de gráficos.

La ventaja del muestreo secuencial es el ahorro de tiempo en los casos en los cuales la población es muy alta ó muy baja. Sin embargo en los casos en los que la población se encuentre cerca del umbral de tratamientos ó acción, serán necesarias más muestras. Muchos programas de manejo de plagas, sólo requieren de la determinación de la densidad de la población de las plagas y sus enemigos naturales en categorías o clases. En la práctica, es común que la evaluación para estimar la densidad de las poblaciones, se haga mediante la elección de un número fijo de muestras finalmente promediar los datos y clasificar las poblaciones en dos ó tres categorías como ligera, media y alta. Si esta fuese la finalidad, se está frente a un desperdicio de tiempo y esfuerzo innecesario que puede evitarse con lo que se ha denominado el muestreo secuencial, cuya característica es que no tiene un número fijo de muestras.

El concepto del muestreo secuencial, es el siguiente: suponiendo que se debe decidir si la densidad de la población está por encima ó por debajo del nivel crítico de 60 larvas por m^2 . Si los primeros promedios de unas pocas muestras dan 30 ó menos larvas por m^2 , no será necesario tomar más muestras para concluir que la densidad es menor de 60. Inversamente si el promedio es de 150 ó más, se puede concluir con confianza que la densidad es mayor que 60. Pero si las primeras muestras promedian cerca de 60, será necesario continuar muestreando para poder tomar una decisión segura. Si bien en teoría, el método parece ser muy simple, en la práctica, esto supone conocer perfectamente la distribución espacial de la población, debido a que se puede tomar decisiones sin haber realizado el recorrido total de un campo.

5.1.8. Tamaño y número de muestras a tomar

En lo referente al tamaño y número de unidades de muestreo debe tenerse presente los siguientes puntos:

- 1- Se debe tomar el mayor número posible de muestras para un mejor estimado de la población, debiéndose determinar el número mínimo necesario.
- 2- El tamaño óptimo de la unidad de muestreo varía con las diferentes plagas, sin embargo como regla general para bajas densidades de población, se recomienda tomar muchas muestras pequeñas.

Antes de establecer una metodología de muestreo se debe consultar con un especialista en estadística. Sin embargo teóricamente se puede alcanzar un 100% de precisión pero a un alto costo. Esto debe hacer meditar sobre la conveniencia de observar 100 muestras con un 2% de error ó sólo 20 con un 5% de error. La determinación precisa del tamaño de la unidad de muestreo, debe ser efectuada con cierta arbitrariedad por el evaluador, pero depende de varios factores como la distribución espacial, la densidad de la población, la naturaleza de la planta, hábitos del insecto, etc. Experimentalmente se ha demostrado que unidades pequeñas, cuidadosamente estratificadas, son las más eficientes. De tal forma que todas las unidades del universo tengan igual probabilidad de selección y ser más ó menos constantes y si existiesen cambios, éstos deben ser fácilmente detectados. El número de unidades depende fundamentalmente del grado de precisión deseado, que a su vez está en relación directa con la finalidad del muestreo.

Como regla general, cuando las poblaciones son abundantes y uniformemente distribuidas, se requiere de un menor número de unidades que cuando son agregadas y a baja densidad. Para determinar el número de muestras en poblaciones distribuidas al azar se puede utilizar la fórmula del error estándar s , donde s es la desviación estándar y n el número de n muestras en que se basó tal estimación. Se entiende por la característica de esta fórmula que para una desviación estándar dada, el error es una función decreciente del número de muestras. Por ejemplo, si es tolerable un error estándar 10% alrededor de la media, a través de un muestreo preliminar se determina una media y la desviación estándar.

5.1.9. Representatividad de un muestreo

Un muestreo de un área cualquiera será representativo cuando, a través de sus resultados, obtenemos una imagen objetiva de las poblaciones existentes en dicha área. La representatividad está en relación directa con la forma de tomar las muestras y con el número de ellas. A mayor número de muestras mayor representatividad, hasta un límite permisible por el objetivo planteado o por los costos de operación. Cuando se toma una foto, debe determinarse que es lo que se quiere fotografiar, cumpliendo de tal manera el objetivo final. Se tiene que hacer una relación costo/beneficio, con relación al muestreo. También tenemos que estar claros que debe contener la imagen.

5.1.10. Problemas del muestreo

Error de muestreo.

Es la diferencia entre la estimación y el verdadero valor, debido a que se observa una muestra en vez de toda la población.

Error por sesgo.

Ejemplo: muestreo en un campo agrícola con diferencias en la luz solar. Si se muestrea con sesgo (ejemplo, solo donde hay sombra), la muestra no es representativa de la población.

¿Cómo se minimiza el error de muestreo? ¿Cómo maximizar la precisión de las estimaciones?

a) Usando un diseño apropiado.

Ej. Si se van a muestrear plantas y en el campo hay ladera y llanuras, es mejor estratificar.

b) Aumentando el tamaño de la muestra para una población infinita

5.1.11. Como cubrir un campo agrícola en un muestreo

Se muestran los siguientes seis esquemas (campo agrícola 1 – 6) para cubrir todo el campo, y los últimos 2 esquemas (campo agrícola 7 y 8), como ejemplo de lo que no se debe hacer. Se observa muy claro que los muestreos representados en los campos agrícolas 7 y 8 son sesgados.

5.1.12. Sitios de muestreo

Tomando en cuenta lo expresado anteriormente, existen estudios prácticos a nivel de campo que demuestran en forma general que el tamaño de muestra a tomar en una plantación varía de acuerdo a su magnitud, siendo éste: Menor ó igual a 2 hectáreas = 8 sitios de muestreo.

Desde 2.1 a 10 hectáreas = 10 sitios de muestreo. Mayor de 10 hectáreas = 15 sitios de muestreo. El sitio de muestreo puede estar compuesto por tres surcos con dos plantas cada uno ó seis unidades en la forma más compacta posible. Para la elección de hileras ó surcos, si el cultivo presenta subdivisiones con diferente dirección en el surcado, se suman los surcos de las subdivisiones y se toma como una sola unidad. Si la plantación a evaluar presenta subdivisiones dispersas, el número de sitios a muestrear será dividido entre las subdivisiones y se tomarán como unidad individual. Para la elección de hileras ó surcos en una plantación menor de dos hectáreas, se siguen los pasos siguientes:

Contar el número de surcos que componen la plantación en estudio, supongamos que se tienen 105 surcos. Dividir el número de surcos entre los sitios a muestrear, lo que resulte se redondea a la unidad, ejemplo: $105 / 8 = 13$ Obtener un número al azar entre 1 y 13, dicho valor sirve para identificar el surco donde se localizará el primer sitio de muestreo; supongamos que el número elegido fue el 9. Las hileras ó surcos restantes se obtienen sumando a cada surco donde se establece un sitio de muestreo el número calculado; siguiendo el ejemplo anterior tendremos:

Inicia en el surco 9

$$09 + 13 = 22$$

$$22 + 13 = 35$$

$$35 + 13 = 48$$

$$48 + 13 = 61$$

$$61 + 13 = 74$$
$$74 + 13 = 87$$
$$87 + 13 = 100$$

Para determinar los sitios de muestreo, se recomienda seguir los pasos siguientes:

- a) En cada surco seleccionado anteriormente, se determinará el número plantas (esto se puede realizar conociendo la densidad de siembra y contando los árboles en el surco).
- b) Obtener un número al azar en cada surco, que estará comprendido entre uno y el número de plantas de cada surco. Por ejemplo para el primer surco que es el número 9 y en el cual existen 70 plantas se toma un número al azar entre 1 y 70, supongamos que resulta el 56.
- c) En el surco a partir de la planta número 56, se establece el inicio del sitio de muestreo que estará compuesto por tres surcos con dos plantas cada uno. Si por alguna razón en el sitio de muestreo no se encuentran surcos bien definidos ó no existe trazo regular, se recomienda tomar un bloque de 6 plantas lo más compacto posible. El procedimiento se repite en los ocho surcos seleccionados. A la vez que se van eligiendo los sitios de muestreo, se clasifican las plantas por su estado productivo. Esto se hará por inspección visual de las plantas en cada sitio de muestreo.

El procedimiento de muestreo llamado también “mecánica”, está en relación con todos los pasos que se realizan para llevar adelante el tipo de muestreo adoptado. Incluye operaciones tales como trampeo, recolección de muestras, acondicionamiento, transporte, separación, conteo, anotación de datos, etc.

En la actualidad muchos de estos procedimientos han llegado a mecanizarse, sin embargo en muchos países en desarrollo se sigue requiriendo los ojos y la mano del hombre. La oportunidad del muestreo es otro punto que debe ser definido en la metodología de evaluación. En líneas generales depende del ritmo diurno, por el cual algunas especies se movilizan de una parte de su hábitat a otro, no sólo como respuesta a cambios climatológicos, sino obedeciendo a ritmos fijos en ciertos momentos del día o la noche. Asimismo la oportunidad, es dependiente del ciclo de vida, hábitos de la especie y velocidad de cambios en las plantas hospedadoras (fisiología de las plantas). Así para especies de ciclos largos y estacionarios como Scarabaeidae, Cerambycidae y algunas queresas, no se requiere de muestreos frecuentes, especialmente si la planta ó cultivo no tienen mayores cambios como los frutales desarrollados. Por el contrario, si las especies son de ciclo corto y están cambiando frecuentemente de microhábitat como las poblaciones de huevos, larvas y pupas de Lepidopteros en cultivos anuales, se necesitará de muestreos más frecuentes que además tendrán que estar acompañados de registros fenológicos de las plantas.

Finalmente la oportunidad del muestreo dependerá del objetivo de la evaluación, como es el caso de evaluar el efecto inmediato ó mediato de una medida de manejo o control. En otros casos, cuando se desea conocer ó estimar la densidad de un solo estado dentro de una generación, se escogerá cuando existe el estado de desarrollo más evidente, en cambio si lo que se desea conocer es como varía la composición de los diversos estadíos dentro de un campo (tablas de vida) habrá que evaluar todos éstos a intervalos más cortos.

5.1.13. Factores que se deben considerar en la elección y realización del método de Muestreo

1. **Área**, configuración y relieve del campo que permite darnos una representatividad real del estado del campo. Ayuda a determinar tanto el número como la situación de los puntos de muestreo. Ejemplo: En las áreas llanas el número de puntos de muestreo deberán ser menos que en áreas accidentadas, donde los factores ambientales no actúan de manera uniforme. Por otro lado, la configuración del campo aconsejará la forma de realizar el muestreo, de manera que resulte representativo.

2. La disposición espacial

Un mismo método de muestreo puede dar resultados muy distintos según que la población tenga una distribución espacial uniforme, al azar ó agregada.

3. La distribución temporal

Se ha ubicado que cada organismo vivo tiene su propio ritmo de actividad que puede afectar los resultados de un muestreo y que muchas veces determinan la adopción de muestreos sistemáticos.

4. Tipo de cultivo

Esto es determinante en la elección del método de muestreo, pues no será el mismo para:

- a) Cultivos en masa (pastos, arroz, etc.) que las semillas son sembradas al voleo).
- b) Cultivos en hilera (maíz, frijol, papa, etc.).
- c) Plantas aisladas (frutales, musáceas, etc.).

5. Sitio de la planta atacada por la plaga ó la enfermedad.

Las plantas objeto del muestreo pueden ser atacadas por las plagas o enfermedades en cualquiera de sus partes vitales, tales como:

- a) Raíz
- b) Tallo
- c) Ramas
- d) Hojas
- e) Yemas
- f) Flores
- g) Frutos
- h) Semillas, etc.

El muestreo por tanto se realizará sobre aquella parte de la planta donde preferentemente ataca la plaga ó la enfermedad, por tanto el método de muestreo puede variar.

6. Parte de la planta hospedera

Cuando las plantas son altas y desarrolladas (Ej. Frutales), se deben tomar en cuenta dos nuevos elementos en los cuales se apoya el método de muestreo.

1. Los distintos niveles de follaje (alto, medio y bajo).
2. Los cuadrantes geográficos (norte, sur, este y oeste). Esto debido a que:
 - a. Las plantas ó enfermedades, se pueden desarrollar según el nivel ó cuadrante. Aunque las causas de estas anomalías no están bien definidas, se pueden atribuir a:

- Estados especiales internos de la planta, relacionados con procesos enzimáticos u hormonales.
- Distintos valores de la luminosidad.
- La dirección de los vientos.

7. Biología, ciclo y hábitos de los biocontroladores

- Estadío a muestrear = Biología del biocontrolador
- Frecuencia de muestreo = Ciclo biológico del biocontrolador.
- Momento de realizar el muestreo = Hábitos del biocontrolador.

8. Sintomatología de la plaga ó la enfermedad

El personal encargado del muestreo deberá tener un conocimiento perfecto sobre la sintomatología de la plaga ó enfermedad que pretende muestrear.

9. Biología, ciclo y hábitos de la plaga

- Estadío a muestrear = Biología de la plaga.
- Frecuencia de muestreo = Ciclo biológico de la plaga.
- Momento de realizar el muestreo = Hábitos de la plaga.

10. Movilidad de los insectos

La elección del método de muestreo depende, en gran medida, si los organismos vivos presentan:

- a) Alta movilidad.
- b) Media movilidad.
- c) Inmóvil.

11. Fenología de la planta.

Los fenómenos fisiológicos están muy influidos por los factores abióticos (climáticos), y se pueden adelantar ó retrasar según el comportamiento de dichos factores. En muchos casos hay una correlación estrecha entre la explosión de una plaga ó el aumento del índice de infección de una enfermedad y la presencia de determinados procesos fisiológicos en las plantas (aparición de los brotes, flores, frutos, etc.).

12. Factores que regulan las poblaciones

Factores abióticos:

- Temperatura.
- Humedad relativa del aire.
- Lluvia.
- Luz solar.
- Humedad del suelo.
- Viento, etc.

Factores bióticos.

- Tipo, cantidad y calidad de los alimentos para los insectos.
- Estados fenológicos.
- Enemigos naturales.

- Factores antropógenos.

13. Efectos metodológicos, instrumentales y personales.

Una vez que se adopta una metodología de muestreo, llevarlo a la práctica requiere del manejo de instrumentos que tienen que ser manipulados y leídos por personas. Cada una de estas operaciones están sujetas a ciertos márgenes de error que afectan su eficiencia, por lo que es recomendable antes, evaluar comparativamente distintas metodologías de evaluación para lograr mejores estimados. Entre los efectos más comunes se pueden mencionar:

a) La variabilidad del observador, en el sentido que rara vez los resultados obtenidos por una persona coinciden con los obtenidos por otra con la misma metodología. En este aspecto debe ponerse especial atención en el adiestramiento y procedimiento de información uniforme de los muestreos de plagas y enfermedades, mediante constantes reuniones de capacitación y con la elaboración de instructivos claros y cartillas para el registro de datos.

b) La variabilidad de las técnicas de captura, debido a que éstas están influenciadas por varios factores como el aire, temperatura, color, etc., cuya contribución al volumen de captura no siempre es conocido y así los resultados de dos tipos de trampas en una misma área y por un mismo tiempo no son los mismos. Finalmente, se debe resumir que la eficiencia del muestreo ó método de evaluación a tomarse en cuenta, es el producto de varios componentes como son los estadísticos, económicos, mecánicos y personales.

5.1.14. Muestreo de insectos con red ó malla entomológica

La red entomológica ó malla entomológica, se utiliza normalmente para la recolecta ó muestreo de insectos de gran movilidad que se encuentran en cultivos de porte bajo, sembrados al voleo (arroz, pastos, etc.) o en línea (papa, frijol, etc.). Para el muestreo ó recolecta de los insectos se procede de la siguiente manera: Determinar las direcciones probables en que se realizará el muestreo ó la recolecta. La persona encargada de esta operación la realizará con el brazo extendido y pasando la red a ras del cultivo. El movimiento con la red deberá abarcar un ángulo aproximado a los 90°. Normalmente se realizarán 100 pasadas, lo que equivale aproximadamente a unos 25 m². Es conveniente que el muestreo se realice en las horas de mayor actividad de los insectos. Los insectos se colocan en bolsas plásticas ó se matan con alcohol etílico, acetato de etilo, refrigeración, insolación, etc.

Después se procede a la clasificación y conteo de las especies que interesan. La población por m² se determina dividiendo el número de insectos entre 25. Como por ejemplo, para determinar la población relativa de mosca pinta ó salivazo (*Aeneolamia postica* y *A. varia*) se puede usar la red entomológica y/o un cuadro de alambre ó madera de 25 cm. por lado. Para el recuento de adultos se usa la red entomológica, pasándola en diferentes partes del potrero, para obtener el número promedio de insectos por golpe de red. El cuadro ó marco de alambre ó madera se usa para contar las ninfas, tirando repetidas veces en varias partes del campo. De esta manera se obtendrá la cantidad de ninfas/m².



Muestreo de insectos con red entomológica

5.1.15. Muestreo de insectos pequeños que viven en colonias.

Tal es el caso del ataque de áfidos ó pulgones en papa, algodón y otros cultivos. En este caso se utiliza con éxito la escala de grados. Actualmente se utilizan muchos tipos de escalas, pero la más difundida y cómoda para el muestreo ó apreciación de la dinámica de este tipo de insectos es la escala de cuatro grados. Veamos como se aplica esta escala: Grado "0": Cuando las plantas están libres de insectos. Grado "1": Cuando existen pequeñas colonias sobre no más del 10% a 15% del número de hojas en cada planta. Grado "2": Grandes colonias, pero en menos del 50% de las hojas. Grado "3": Grandes colonias de insectos sobre más del 50% de las hojas de la planta atacada. El índice de infestación se obtiene por el grado medio. El grado medio se determina, sumando los productos del número de plantas por el grado correspondiente y dividiendo el número total de plantas investigables. Por ejemplo: se han investigado 100 plantas de papa, en las cuales se han determinado colonias de áfidos como sigue:

5 Plantas se clasifican con el grado "0"
 25 Plantas se clasifican con el grado "1"
 35 Plantas se clasifican con el grado "2"
 35 Plantas se clasifican con el grado "3"

Para hallar el grado medio en este caso debemos multiplicar el número de plantas por su grado correspondiente, sumar los productos obtenidos y dividir el resultado entre el número total de plantas:

$5 \times 0 = 0$
 $25 \times 1 = 25$
 $35 \times 2 = 70$
 $35 \times 3 = 105$
 $200 \div 100 = 2$

En este caso el grado medio de ataque es igual a 2. Esto significa que el ataque es bastante intenso. Muestreo de insectos en cultivos anuales (maíz) Para los efectos de evaluación ó

muestreo se considera como campo una extensión de 10 a 15 hectáreas ó menos y como planta aquella que proviene de una sola semilla.

En cada planta y según el estado de desarrollo del cultivo se tomará como unidades de muestreo:

- Una longitud de surco de uno ó dos metros lineales.
- Una planta completa cuando esta pequeña y con dos ó cuatro hojas.
- El cogollo y las tres ó cuatro primeras hojas para plantas en crecimiento.
- El tallo ó “caña” para plantas desarrolladas.
- La mazorca con los pistilos ó “barbas” para plantas en floración.

5.1.16. Como ingresar a un campo agrícola para realizar los muestreos

El muestreo de plantas se realizará ingresando al campo por cualquiera de sus extremos, ubicando el primer punto a diez metros del vértice y a diez surcos del borde del campo



Muestreo de insectos pequeños

En conclusión podemos decir que, el muestreo de cultivos y plagas y el uso de niveles críticos permiten decisiones inteligentes y racionales. Muestreos periódicos de los campos usando la metodología apropiada revelan información con respecto a las especies de plagas presentes, su densidad poblacional, las condiciones del cultivo, las variables ambientales y el nivel de la actividad de enemigos naturales. Un fitoproteccionista al comparar los resultados de las muestras con niveles críticos derivados experimentalmente puede decidir con un alto grado de certeza si se requiere alguna acción curativa, considerando el daño potencial que la densidad poblacional de la plaga presente en ese momento puede causar al cultivo y los costos del control.

5.2. Niveles poblacionales de plagas

Los programas de manejo integrado de plagas (MIP), se basan en la aplicación de criterios de decisión, en donde un factor clave es la cuantificación de la población plaga. Dentro de estos criterios, los más relevantes son el nivel de daño económico y el de Umbral Económico. Estos conceptos han evolucionado poco con relación a las tecnologías del MIP, y representan en sí el

nivel crítico de daño y el criterio de decisión operativa. Ambos conceptos incluyen la parte biológica y económica del manejo de plagas, tratando de involucrar costos ecológicos y sociales en sus definiciones más recientes. Si bien los criterios de decisión existentes han sido trabajados desde hace algunos años, éstos aún involucran definiciones complejas y metodologías con muchas restricciones que hacen menos versátil su uso.

Los conceptos de umbrales de decisión, fueron inicialmente utilizados por entomólogos y representan un paradigma dominante desde la década de los 50's, actualmente forman la base para toma de decisiones en todas las disciplinas de la protección vegetal. El concepto de NDE fue ampliamente aceptado desde 1960, pero faltaba aún la descripción matemática de los parámetros involucrados; hasta 1970 los entomólogos habían desarrollado únicamente procedimientos prácticos para el cálculo del NDE, siendo los economistas quienes aportaron los primeros modelos de reglas de decisión económica para el manejo de plagas. Actualmente los umbrales económicos o criterios de decisión se usan en todas las disciplinas de la protección vegetal, con el objetivo de hacer un manejo racional de plagas. Sin embargo aún prevalece la toma de decisiones sobre criterios empíricos, para muchos cultivos y muchas regiones agrícolas. Los elementos propuestos inicialmente por Stern *et al.*, (1959), son esencialmente los mismos utilizados actualmente. Dichos elementos son: Daño Económico, Nivel de Daño Económico y Umbral Económico; los cuales son la base para el mismo nivel de Daño Económico.

5.2.1. Daño Económico

“El nivel de daño, en el cuál se justifica el costo de implementar una medida de control artificial“. Como definición, el criterio para “valorar” el nivel de daño es subjetivo ya que carece de justificación económica.

5.2.2. Daño Económico y Límite de Daño

Daño Económico es originalmente definido como “la cantidad de lesiones en las cuales se justifica el costo de implementar medidas de control artificiales”. Para comprender este término, es necesario distinguir entre lesión (*injury*) y daño (*damage*). Las lesiones son el efecto de la actividad de la plaga sobre la fisiología del hospedero y usualmente son deletéreas.

El daño es una medida de pérdida en las utilidades del hospedero, incluyendo calidad, cantidad o presentación del producto. Entonces las lesiones se basan sobre la plaga y su actividad y el daño sobre el cultivo y su respuesta a las lesiones. En la aplicación del concepto al manejo de plagas, el daño económico inicia cuando los costos monetarios para suprimir la cantidad de lesiones son iguales a las pérdidas económicas potenciales, causadas por una población plaga. Con base al manejo del anterior concepto surge el término Umbral de Ganancia, el cual se usa para expresar el punto inicial de daño económico.

El umbral de ganancia se expresa como: Umbral de Ganancia = costos de manejo (\$/ha) / valor del mercado (\$/unidad de medida). El Umbral de Ganancia es expresado como una unidad de medida de producto comercializable a un precio determinado, por unidad de área. Por ejemplo: si el costo de aplicación de un insecticida es de C\$100.00 por ha y el maíz en el mercado tiene un precio de \$20.00 por qq, el umbral de ganancia será: $UG = C\$100.00 / C\$20.00 = 5 \text{ qq/Ha}$.

La aplicación del insecticida necesita salvar al menos 5 unidades de peso o volumen de producto cosechable para que la actividad sea rentable. Aunque este concepto no es reconocido por Stern y colegas, el Umbral de Ganancia, por consiguiente no deja de ser una medida bastante importante; pero como criterio de manejo es muy vago; siempre se necesita establecer criterios de decisión más precisos.

Otro nivel de daño a considerar, es el **daño crítico o daño límite**, definido como el más bajo nivel de daño capaz de ser medido. Este nivel es alcanzado antes de que el daño económico ocurra y es un componente como aporte al concepto de daño económico. Específicamente, la no presencia de lesiones evidentes bajo el daño límite, no determina si estas pueden resultar en daño económico y necesitar de control, aún en este nivel.

Consecuentemente el daño económico inicia en el punto, donde el costo económico por el daño equivale al costo de supresión de la plaga. En términos de rendimiento las pérdidas económicas son alcanzadas al llegar al daño límite, alcanzando un umbral como frontera de límite de daño. Un análisis de mercado nos lleva a determinar que, para productos de alto valor comercial, el nivel de daño puede estar muy cercano al inicio del umbral. Un principio básico del MIP resulta de la relación entre: nivel de daño / daño económico, que indica como se aproxima el nivel de daño, al daño económico y sus posibilidades de utilizarse como criterio de manejo.

5.2.3. Nivel de Daño Económico (NDE)

Algunos autores definen este termino como “la densidad de población más baja, capaz de causar daños económicos”. El NDE, se considera el más básico de los elementos de decisión, este representa un valor teórico de densidad poblacional, que es alcanzado por una plaga, y que puede resultar en daños económicos. Por consiguiente con el NDE podemos evaluar el status destructivo y el potencial poblacional de una plaga. El NDE implica un nivel de daño que se relaciona con el número de unidades de plaga, por lo que matemáticamente podemos proyectar el daño en el futuro inmediato.

El concepto de equivalente de daño se ha utilizado algunas veces como sustituto del NDE, se define como “el daño total producido por una plaga en particular, referido al tiempo de vida promedio de una población plaga”, este da un valor subjetivo, el cual si utilizamos solo datos numéricos, el Umbral Económico estará siempre bajo el NDE. Por lo tanto el NDE es la densidad poblacional de la plaga, en la cuál el costo del control coincide con el beneficio económico esperado del mismo.

La acción de control salva una fracción del rendimiento, la cuál se hubiese perdido si no se toma alguna medida de control. El rendimiento salvado tiene un valor de mercado que iguala al costo del control. Si la decisión de efectuar la medida de control no se hace a la densidad poblacional de la plaga donde el costo del control iguala al valor del producto salvado, no es rentable implementar el control. Entonces, en su forma más sencilla podemos definir el NDE como: “la densidad de plaga donde Costo (C) = Beneficio (B)”. Analizando la igualdad Costo = Beneficio, podemos determinar que por debajo de este valor, no es rentable implementar medidas de control, ya que la densidad poblacional es baja, entonces Costo = Beneficio.

Sobre Costo = Beneficio, la implementación de medidas de control tampoco es rentable, ya que a una mayor densidad de plaga, las pérdidas sobre los rendimientos superarían en algún momento los beneficios del rendimiento salvado, entonces Costo = Beneficio. Los valores del NDE sobre, o bajo la igualdad Costo = Beneficio, pueden sufrir cambios por efectos de: el costo de control, el precio de venta de la cosecha, la resistencia de la planta y la efectividad de la medida de control. Obviamente los valores del NDE, no son determinantes, son variables dependiendo del mercado, la época del año, la región, variedades, clima, y otros, que influyen sobre los componentes de la ecuación de NDE.

5.2.3.1. Cálculo del NDE

Si partimos de la igualdad Costo = Beneficio:

La relación se puede expresar como: $C = mDSP$ de donde $D = C / mSP$

Dónde:

C = el costo de control.

m = la reducción en el rendimiento por unidad de plaga.

D = la densidad poblacional de la plaga.

S = el grado de supresión de la plaga con la medida de control.

P = el precio de mercado de la cosecha.

La ecuación para el NDE tiene sus variantes superficiales, en algunos casos las variables toman nombres diferentes y se asume que las medidas de control son efectivas en un 100%, eliminando de la ecuación la variable S. Un componente básico de esta ecuación es la determinación de la relación entre la densidad de plaga y el rendimiento, para esto es necesario de los análisis de regresión, con lo cuál determinamos el parámetro m, el cual no es más que el valor de b, en la ecuación $a \pm bx$. En general, los datos para el cálculo del NDE son de naturaleza biológica y económica, referidos a la plaga, al cultivo y a precios de mercado del producto, en un momento determinado. Actualmente existen diferentes metodologías para determinar los NDE's, las cuales se ejemplifican más adelante.

5.2.4. Umbral Económico (UE)

El UE, se basa en la necesidad de determinar, si la simple presencia de unos cuantos organismos fitófagos en el cultivo o a que densidad poblacional de ellos se producen pérdidas económicas. El Umbral Económico difiere del NDE, en que éste es prácticamente un parámetro teóricamente operativo. "Se define como la densidad de población a la cuál se debe de tomar una medida de control, antes que la población alcance el nivel de daño plaga". En algunos trabajos se refieren al UE como umbral de decisión para enfatizar el verdadero propósito del UE. El UE, es un valor complejo que depende de la estimación y predicción de algunos parámetros dificultosos. Los más significativos de estos incluyen: las variables (ya que el UE se basa en el NDE), plaga y fenología del hospedero, crecimiento poblacional y tasa de daño y retardo de la táctica MIP utilizada. Existe una incertidumbre bastante fuerte con respecto al crecimiento poblacional de la plaga, faltan estudios exhaustivos para tal fin, lo que lleva a determinar umbrales económicos crudos, que no aportan soluciones cuantitativas como el NDE.

La razón más simple del UE es maximizar el beneficio económico, en la decisión sobre el control de plagas. El desarrollo de diferentes tipos de UE's, representa alguna sofisticación, las cuales son determinadas por la existencia de datos y programas particulares de manejo de plagas.

Muchos de los umbrales económicos propuestos en trabajos, pueden ser agrupados en dos categorías amplias: determinaciones subjetivas y determinaciones objetivas. Las determinaciones subjetivas, son aproximaciones rudimentarias del UE, ya que no se basan sobre cálculos del NDE, sino sobre una base empírica de acuerdo a experiencias prácticas. Poston *et al.*, (1983), llama a este tipo de UE umbrales nominales y los identifica por no ser formulados bajo un criterio objetivo. Los umbrales nominales son los más abundantes en la literatura de extensión agrícola, juntamente con recomendaciones verbales. Aunque de carácter estático y posiblemente incorrecto, su uso es progresivo en muchos ensayos de poblaciones de plagas, pero pueden obtener resultados en disminuir la cantidad de aplicaciones de plaguicidas.

Los UE's objetivos, son basados sobre cálculos del NDE y pueden variar de acuerdo a cambios en este, por ejemplo, valor de mercado y costos de manejo, etc. Los UE's objetivos pueden ser calculados para hacer estimaciones potenciales del crecimiento poblacional de la plaga, que pueda en un futuro exceder el NDE. La decisión final sobre la acción de control en determinado tiempo, se basa sobre las expectativas del incremento de daño, retraso logístico en la implementación del control y efectividad de la táctica usada. Los UE's objetivos son diferenciados por Pedigo (1996), en tres tipos: fijos, descriptivos y dicotómicos.

5.2.5. Umbrales económicos fijos.

Son los más comunes de los UE's objetivos. Este tipo de umbral puede ignorar diferencias en el crecimiento de la población y tasa de daño, pudiendo llevar a realizar una acción de control de forma errada o sin necesidad. Sin embargo, pueden sufrir algunos cambios de acuerdo al NDE. Los valores de este tipo de umbral se acercan mucho al NDE, ya que los UE fijos son rústicos y de valores altos, generalmente basados en estudios pobres de poblaciones plagas muy dinámicas.

5.2.6. Umbrales económicos descriptivos

Los UE's descriptivos son más sofisticados que los UE's fijos. Los UE's descriptivos requieren de un análisis descriptivo del crecimiento de la población plaga, con el objetivo de tomar la decisión a tiempo, basándose sobre expectativas futuras del incremento de la tasa de daño. El UE descriptivo requiere de muestreos constantes, para detectar cualquier cambio poblacional que pueda exceder el NDE, en una etapa susceptible del cultivo. Para la formulación de este tipo de UE, se pueden utilizar datos de muestreos preexistentes para hacer inferencias futuras sobre la dinámica poblacional y su relación con los daños.

5.2.7. Umbrales económicos dicotómicos

Los UE's dicotómicos pueden ser formulados a partir de procedimientos con datos estadísticos y económicos en un período de tiempo. El procedimiento estadístico se basa en un muestreo secuencial, en donde el tiempo es una variable importante para determinar el daño de la plaga, para posteriormente definir el NDE. La perspectiva del tiempo para la toma de decisiones se basa en una probabilidad secuencial del crecimiento poblacional y sus consecuencias económicas.

5.2.8. El uso de umbrales de decisión y la calidad ambiental

El uso de UE's objetivos ha tenido un fuerte impacto sobre la calidad ambiental, particularmente en el manejo integrado de plagas de algunos cultivos donde es la base para la toma de decisiones. Las aplicaciones prácticas de la teoría de UE's y el establecimiento de valores de NDE, han contribuido a reducir las aplicaciones de plaguicidas en un 30-50%. Desde este punto de vista, el uso expansivo de los UE's puede ser considerado como una importante táctica en la conservación y mejora de la calidad ambiental. Sin embargo, es necesario revisar los planteamientos técnicos existentes, que lleven a mejorar los umbrales de decisión, con el fin de proteger la calidad ambiental.

Los desafíos para generar recomendaciones en el MIP, tienden a minimizar el uso de plaguicidas, pero pueden descuidar la producción y rentabilidad agrícola. Actualmente, el énfasis es el desarrollo de tácticas rentables de control biológico, para uso biointensivo en programas MIP.

Es importante mencionar que estas tácticas son urgentes en países pobres, donde no se vislumbra la llegada de la tecnología necesaria a mediano plazo, por lo tanto, no podemos prescindir en este momento de los plaguicidas. El trabajo en estas regiones debe enfocarse al desarrollo de umbrales de decisión ambiental, que incorporen la conciencia ambiental en el manejo de plagas agrícolas, por ejemplo, la manipulación de variables en el NDE: costo de la táctica de control, reducción del daño por un incremento de la tolerancia o resistencia en la planta y la aplicación de tácticas de manejo más efectivas y con respuestas ambientalmente más favorables en su uso continuo.

5.2.9. Limitaciones sobre los Umbrales Económicos y Niveles de Daño Económico

- Falta de una definición matemáticamente flexible para el UE.
- Falta de NDE's objetivos para muchos cultivos.
- Inhabilidad para hacer una estimación de la población de la plaga y costos efectivos.
- Falta de UE's críticos en función del mercado y tendencia poblacional de la plaga (incluyendo el porcentaje de control biológico).
- Carencia de metodologías para incorporar externalidades, especialmente costos ambientales dentro del NDE.

Futuros desarrollos del criterio de decisión en MIP, requieren que las limitaciones existentes puedan subsanarse lo antes posible. En particular, el desarrollo de umbrales de decisión ambiental producirá soluciones de manejo prácticas para que los agricultores incrementen la eficiencia productiva y rendimientos sostenibles.

Las críticas al modelo clásico del NDE, en donde $C = B$, se basan en las limitaciones de aspecto económico, particularmente en lo referente a si el modelo es económico o antieconómico. Analicemos la situación desde el punto de vista de la densidad de plaga, a la cuál es rentable ejecutar una medida de manejo.

El modelo clásico del NDE, se considera estático, ignorando la dinámica poblacional de las plagas y desconociendo el hecho de que la selección del umbral influye sobre esta dinámica (Hruska y Rosset, 1987).

Si tomamos en cuenta la dinámica poblacional de las plagas, esto nos lleva a determinar algunas situaciones particulares como el planteamiento de diferentes tipos de umbrales, en función de la

densidad poblacional, por ejemplo umbrales altos, medios y bajos. Esto implica que la eficacia de la medida de manejo es inversamente dependiente de la densidad de plaga.

Ejemplos de Metodologías para el cálculo del NDE:

1. En un experimento hipotético se obtuvieron los siguientes valores:

Cuadro 1. Número de insectos por planta y su efecto en el rendimiento

Número de insectos (<i>Spodóptera frugiperda</i>) por planta de maíz	Rendimiento qq maíz / ha.
0	15.0
1	14.1
2	13.2
3	12.3
4	11.4
5	10.5

De estos valores se calcula m, la reducción del rendimiento por unidad de la densidad de la plaga (el valor absoluto de la pendiente de la línea de regresión). Esto se puede calcular de dos maneras, directamente de la gráfica o de la ecuación de regresión de pérdidas. Este valor absoluto de m = 0.9, se utiliza junto con los siguientes datos hipotéticos para calcular el NDE:

C = el costo de control = C\$ 1000 / ha.

S = el grado de supresión de la plaga efectuado por el control = 0.8 (80%).

P = el precio de venta de la cosecha C\$ 800 / qq.

D = número de insectos por planta.

m = la reducción en el rendimiento por unidad de plaga = valor absoluto de m en la ecuación de regresión (| m |) = 0.9

El NDE = D = C / mSP = 1000 / 0.9 (0.8) 800 = 1.74 insectos / planta.

5.2.10. Umbrales económicos para malezas

Para el caso concreto del manejo de malezas la utilización de umbrales económicos es bastante reciente, los resultados obtenidos indican que los datos obtenidos facilitan las acciones de manejo o control. En el manejo de las malezas asociadas a un cultivo se debe de tener en cuenta la diversidad y la biología, así mismo las implicaciones de competencia con el cultivo. La fenología del cultivo es muy importante, ya que dependiendo de la naturaleza del producto a cosechar, podemos determinar períodos críticos, en los cuáles es necesario mantener el cultivo libre de malezas. Es obvio que el Umbral Económico se sitúa dentro de este período.

Las pérdidas en los rendimientos en el caso de malezas comienzan en muchos casos a densidades mínimas, pero el tratamiento se vuelve rentable cuando las pérdidas monetarias sean superiores al costo del tratamiento herbicida. El Umbral Económico lo podemos definir como la densidad de malezas a partir de la cual empiezan a ser económicamente rentables dichos tratamientos. El umbral se puede determinar por resultados experimentales o por fórmulas sencillas.

Uno de los aspectos fundamentales del Manejo Integrado es el establecimiento y determinación exacta de umbrales de tratamiento. Los niveles económicos se caracterizan por:

1. Son la clave en los programas de Manejo Integrado, ya que nos apoyamos en ellos para tomar decisiones;
2. Nos indican la medida a tomar en cualquier situación;
3. Ayudan a aumentar el beneficio y conservar el medio ambiente;
4. Nos expresan la densidad de plaga, es decir, el nº de insectos / unidad de muestra (planta, hoja, racimo, etc.); y
5. Por tanto, tienen atributos biológicos y económicos.

El establecimiento y la aplicación de niveles económicos exigen un procedimiento para determinar con precisión el nivel poblacional en un momento dado. Las poblaciones de plaga oscilan a lo largo del tiempo alrededor de una densidad media, denominada “posición general de equilibrio” (*PGE*). Esta *PGE* puede modificarse por factores ambientales o por la aplicación de medidas de control. La *PGE* depende de la especie plaga, de la zona y cultivos considerados, y por lo tanto no es característica de una especie en cualquier circunstancia.



Ejemplos de altos niveles poblacionales de áfidos

El “umbral de acción” es la densidad de plaga que justifica la realización de medidas de control, que normalmente consisten en la aplicación de pesticidas. Este concepto engloba tres categorías de niveles económicos de decisión:

1. Daño económico (cantidad de lesiones que justifica el coste del tratamiento)
2. Nivel económico de daños (mínima densidad de población que puede causar daño económico).
3. Umbral económico (nivel a partir del cual deben tomarse medidas para impedir que la población de plaga alcance el nivel económico de daños)

5.2.11. Daño económico

Para comprender este término hay que distinguir entre lesión y daño. Lesión es el efecto de la actividad del fitófago sobre la fisiología de la planta, que suele ser perjudicial. Esta relacionada con la capacidad del fitófago para producir un perjuicio. Daño es una medida de pérdida de cosecha en cantidad o calidad. Esta relacionado con el cultivo y su respuesta a las lesiones. Es la consecuencia de las lesiones (fig.1).



Figura 1. Diferencias entre lesión y daño producido por las plagas sobre las plantas.

El daño económico aparece cuando la cantidad de dinero necesaria para suprimir las lesiones originadas por los fitófagos es igual a la reducción potencial del valor de la cosecha que produce la población del fitófago. El punto donde se inicia el daño económico se denomina “umbral de beneficio” (*UB*), y se expresa mediante la fórmula:

$$UB \text{ (kg/ha)} = \frac{\text{coste de tratamiento (pts/ha)}}{\text{valor de mercado (pts/kg)}}$$

Es decir, el umbral de beneficio son los kilogramos que hay que salvar por hectárea para que el tratamiento sea económicamente rentable. El umbral de beneficio nos permite determinar los beneficios del control y establecer índices de decisión (fig. 2). Se define “límite de daños” como el nivel mínimo de lesiones que ocasiona un daño que ya puede ser medible.

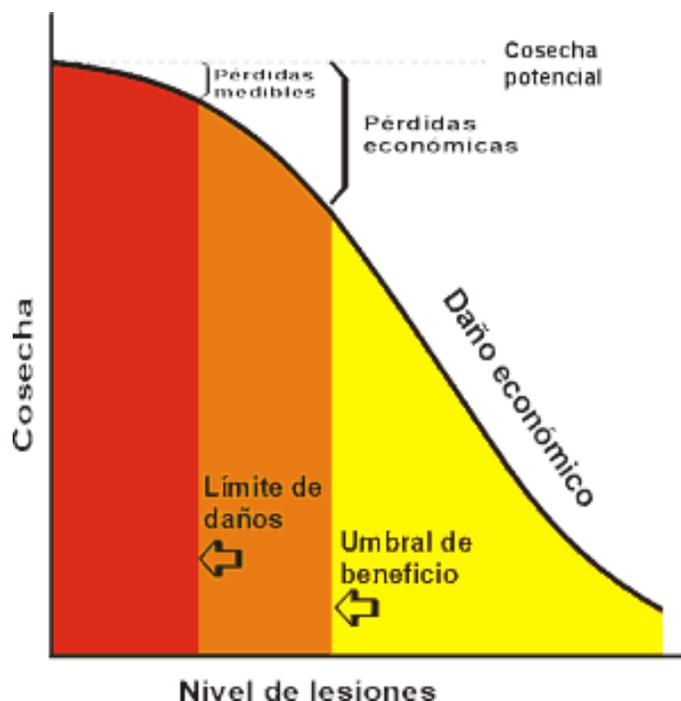


Figura 2. Relación entre límite de daños y umbral de beneficio. Adaptado de Pedigo (1996).

5.2.12. Nivel económico de daños (NED)

Muchas veces, en condiciones de campo es difícil cuantificar las lesiones, por lo que se utiliza como índice de lesiones el número de insectos. El nivel económico de daños se define como la mínima densidad de población que puede causar daño económico, es decir, el número mínimo de insectos que reduce la cosecha hasta el umbral de beneficio. Se expresa mediante la siguiente expresión: $V \times I \times P \times D = C$

V : valor de mercado por unidad de producción (ptas /kg)

I : unidades de daño físico por insecto y unidad de producción (p.e., % defoliación/insecto/ha)

P : densidad de población de insecto (insectos/ha)

D : daño económico por unidad de daño físico producido (p.e., pérdida de kg/ha/% defoliación)

C : coste del tratamiento por hectárea (ptas/ha)

C : coste del tratamiento por hectárea (ptas/ha)

$$P = \frac{C}{V \times I \times D} = NED$$

Si el daño físico no puede ser reducido en su totalidad, la expresión sería

$$P = \frac{C}{V \times I \times D \times K} = NED$$

K : % de reducción del daño físico, es decir, eficacia del tratamiento.

Las variables I y D representan conjuntamente la pérdida por insecto (kg/insecto). Son difíciles de separar y medir de una forma sencilla, por lo que pueden ser sustituidas por un coeficiente b ($b = I \times D$) que nos indica la pérdida de producción por insecto. El coeficiente b se obtiene mediante un análisis de regresión estadística (fig. 3):

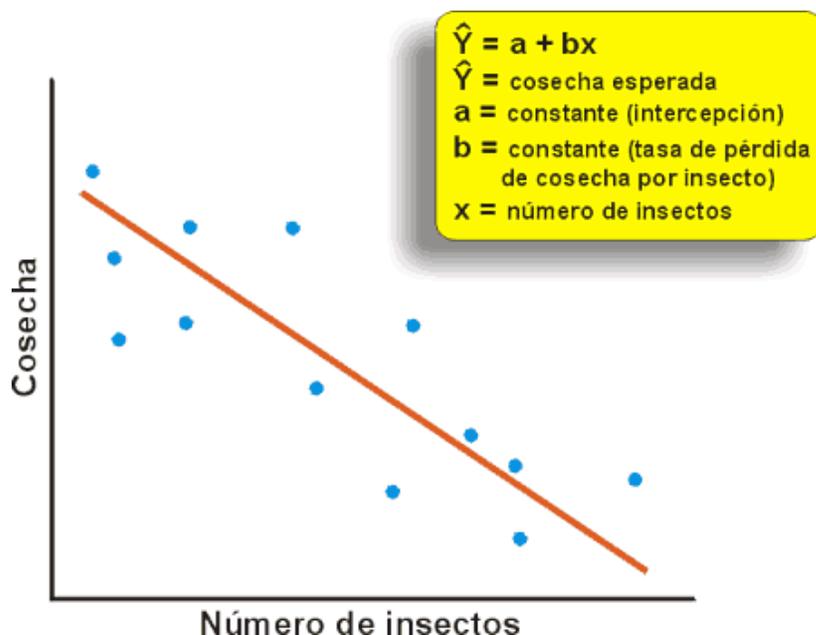


Figura 3. Regresión lineal utilizada para obtener la pérdida de cosecha producida por un sólo insecto (b). Adaptado de Pedigo (1996).

Y : producción / ha

A : constante (intersección con el eje y)

B : pérdida de producción por insecto (pendiente de la recta)

X : número de insectos / ha

$$NED = \frac{C}{V \times b \times K} = \frac{UB}{b \times K}$$

El NED es un parámetro difícil de calcular. Puede variar para un mismo cultivo y fitófago de un año para otro y entre momentos de un mismo año por los distintos estados fenológicos y estado de desarrollo de los insectos. Los principales factores que producen las variaciones del NED son C , que influye directamente; y V , I y D , que influyen inversamente (fig. 4).

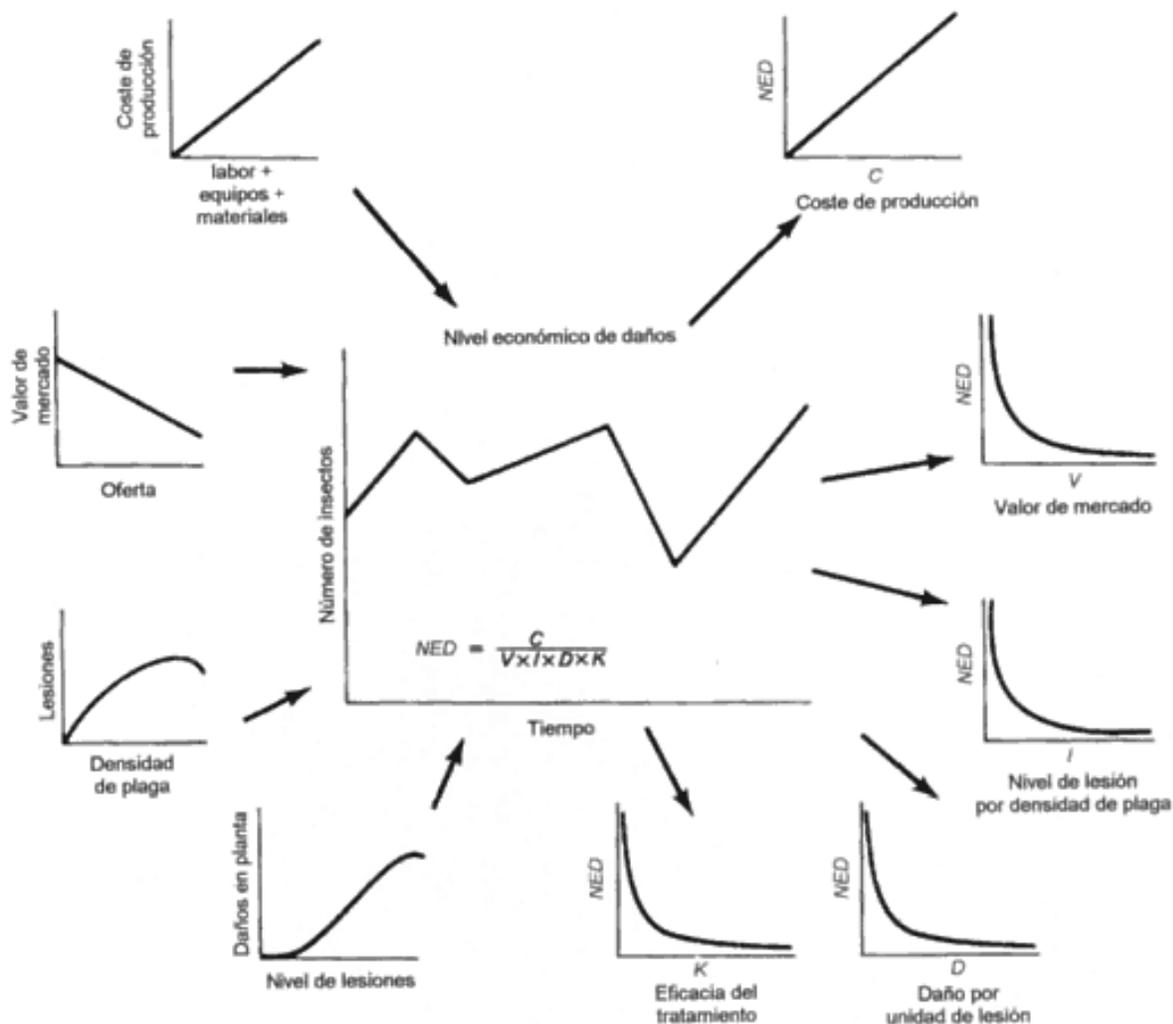


Figura 4. Relación entre los componentes del nivel económico de daños y sus variables.
Adaptado de Pedigo (1996)

5.2.13. Umbral económico o umbral de tratamiento (UT)

Se define como la densidad de población de plaga a la que debe aplicarse el tratamiento para evitar que la población aumente hasta alcanzar el *NED*. Por lo tanto el *UT* suele ser menor que el *NED* (a veces es igual) para permitir que las medidas de control hagan efecto antes de que se alcance el nivel de daño. Suele ser un porcentaje del *NED*. Puede ser determinado a partir del conocimiento del *NED* y de la dinámica de poblaciones. Puede variar mucho según el cultivo, la época del año, la zona y el valor de la cosecha. Es el nivel práctico que debe utilizarse para tomar decisiones, es decir, tratar o no tratar (fig. 1).

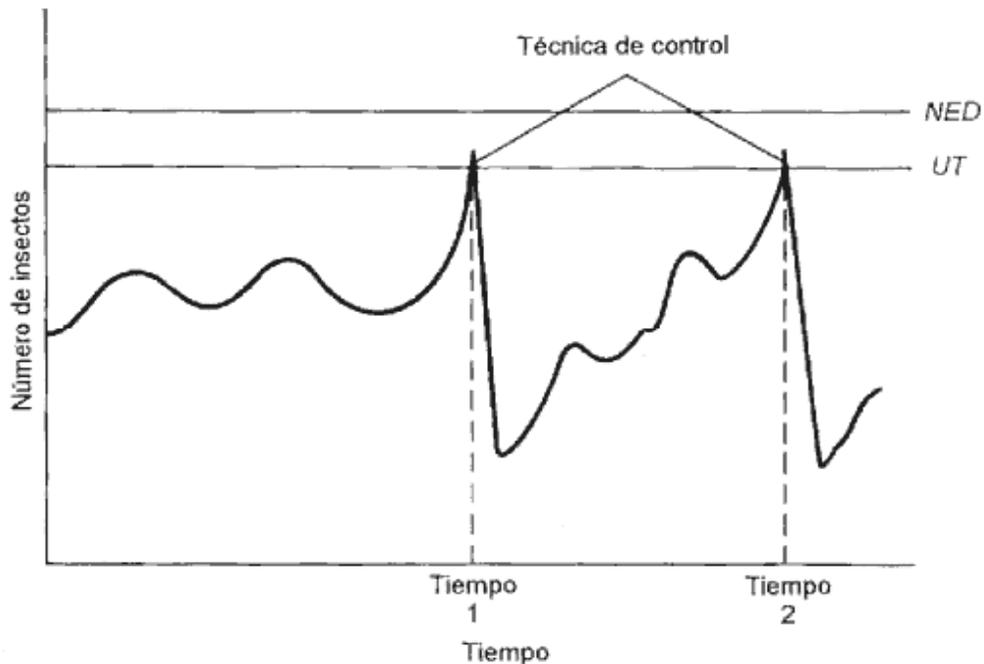


Figura 1. Relación entre el umbral de tratamiento (UT) y el nivel económico de daños (NED). Cuando la densidad de plaga alcanza el umbral de tratamiento (UT) se aplica una técnica de control. Adaptado de Pedigo (1996).

5.3. Estudio de las dinámicas de las plagas (distribución espacial y temporal)

Entenderemos por población, el conjunto de individuos de una misma especie que ocupa una determinada localidad geográfica y que de alguna manera se mantiene aislado espacialmente de otros grupos de la misma especie. Especie debe ser aceptada en el sentido biológico que le da Mayr (1969), es decir, como grupo de poblaciones naturales que se cruzan entre sí y que están aisladas reproductivamente de otros grupos de características similares.

La dinámica de poblaciones se encarga de estudiar las variaciones en número de individuos que se suceden normalmente en la naturaleza y los factores responsables de esas variaciones, quedando el problema restringido a la determinación de las ganancias y pérdidas numéricas, como producto de los factores que actúan sobre las poblaciones y que se manifiestan sobre las tasas de inmigración y natalidad como elementos positivos y en las de mortalidad y emigración como negativos.

Variaciones en las mencionadas tasas generan fluctuaciones que deben ser entendidas como respuestas a la acción de los factores naturales del ambiente, que al actuar sobre los individuos de la población generan una respuesta colectiva. Uno de los primeros elementos que se debe resaltar al hablar de dinámica poblacional es que no existe la posibilidad de un crecimiento limitado para una población, en el marco de un ambiente determinado. Por eso fluctuación, como proceso que muestra etapas de máximos y mínimos no necesariamente iguales en el tiempo, enfatiza el concepto de limitación, ya no sólo al crecimiento sino a la reducción numérica de las poblaciones.

Chapman (1931) señala que las poblaciones son producto del potencial biótico de sus individuos expresados en la medida que la resistencia ambiental lo permite, idea que puede ser aceptada si reconocemos como componentes del ambiente los indicados por Andrewartha y Birch (1954): clima, alimento, otros animales (incluyendo a otros individuos de la misma especie y organismos capaces de producir enfermedades) y un lugar en donde vivir.

La evidencia de fluctuaciones poblacionales como resultado de la acción de agentes que constituyen parte del ambiente, ha conducido a interesantes discusiones desde el punto de vista intelectual, originándose todo un conjunto de teorías sobre la regulación de las poblaciones animales en la naturaleza y que hoy tienden a ser integradas, a pesar de sus fanáticos, en la búsqueda de una explicación racional a este fenómeno complejo.

5.4. Efecto de los factores climáticos sobre la fluctuación poblacional

El **clima** es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre. El tiempo es un estado atmosférico en un breve lapso. El clima se estudia principalmente a través del conocimiento de sus elementos y factores. Los elementos del clima son fenómenos meteorológicos perceptibles. Entre ellos, la **radiación solar, temperatura, precipitación, humedad, presión, vientos, nubosidad y fenómenos eléctricos**

El clima, como resultante de los diferentes componentes meteorológicos actuantes en un determinado agroecosistema, juega un importante papel sobre los procesos vitales de las poblaciones. En primer lugar, el clima establece el marco en el que se desarrollarán las poblaciones, tanto de las plagas como de sus enemigos naturales; cada especie animal tiene rangos climáticos, no sólo para la vida sino para las diversas actividades que esa vida implica, por lo que variaciones del mismo se reflejan en la eficiencia del cumplimiento de esas actividades. En adición, los componentes del clima pueden jugar un importante papel como agentes de mortalidad natural, actuando directamente y/o favoreciendo la actividad de otros.

La correcta evaluación del efecto del clima sobre el desarrollo de las poblaciones es algo que hay que encarar con detalle, sobre todo a nivel del hábitat particular de las especies plagas, pues se ha demostrado que el uso de los parámetros macroclimáticos ayuda poco en la interpretación de los cambios numéricos y que el conocimiento del microclima pudiese rendir un mayor provecho. La relación entre macro y microclima debe establecerse como importante herramienta a utilizar en los programas de manejo de plagas.

5.5. Entendimiento de la relación plaga- hospedero

El crecimiento poblacional de los insectos está determinado por una serie de factores que podríamos agrupar en tres grupos: factores biológicos intrínsecos, factores biológicos extrínsecos y factores ambientales. La interacción de estos factores determinará si una población aumenta o disminuye en una escala global, pero la interacción, también actúa a una escala muy particular a nivel de cada especie.

Cada tipo de insecto, tiene como su principal tarea biológica, la perpetuación de su especie, proceso que ha venido desarrollando con mucho éxito como grupo biológico (clase insecta). El éxito

individual (especie) y colectivo alcanzado por los insectos a través de miles de años ha involucrado una rica acción co-evolutiva.

En el caso de los insectos la co-evolución les ha permitido desarrollar características físicas ecológicas y fisiológicas muy variadas que los han adaptado a los más diversos hábitats y a las más diversas formas de sobrevivencia. Diversidad que interpretamos como estrategias de vida que han sido selectivamente desarrolladas, todo siempre con un principal fin: la sobrevivencia de cada especie.

La relación intrínseca entre un huésped y un hospedero involucra un "lenguaje especial", una serie de códigos bajo diferentes formas de mensaje deben ser descodificados, el encuentro entre ambos es crucial, en ocasiones al beneficio del encuentro es mutuo en otros casos solo una de las partes parece resultar beneficiada. En el caso de los insectos que se alimentan específicamente de las plantas el encuentro de su hospedero mediante el "lenguaje especial" será una actividad principal para posteriormente desencadenar el proceso de su ciclo biológico que significará la producción de nuevas generaciones de individuos de la misma especie.

5.5.1. Diversidad Biológica.

Se calcula la existencia de entre 2 a 5 millones de especies de insectos y son considerados uno de los tres grupos de organismos que poseen mayor diversidad biológica en el planeta. Los otros dos grupos son: Las plantas angiospermas y los compuestos de las plantas llamados metabolitos secundarios. En base a su relación con el ambiente y con sus plantas hospederas podemos ubicar a los insectos en grupos como por ejemplo: estrategias de vida, tipo de alimentación, herborismo (caso herbívoro), mecanismo alimenticio, etc.



Diversidad biológica

La diversidad biológica de los insectos es observable en aspectos relacionados a: características morfológicas, características biológicas, características ecológicas y características fisiológicas. Cada grupo taxonómico como: orden, género y especie reúne un patrón típico de diversidad.

5.5.2. Características Morfológicas.

Están referidas a la forma y a la textura del cuerpo y sus apéndices (alas, patas, antenas, aparato bucal, pelos). En base a esto, los insectos pueden ser agrupados desde el punto de vista general o

particular (taxonómico). Las características morfológicas están íntimamente ligadas al hábito de los insectos y forman parte de todos sus mecanismos de sobrevivencia.

5.5.3. Características Biológicas.

Lo hemos referido muy específicamente a lo relacionado con el ciclo vital de los insectos. En general los insectos son unisexuales y es preciso el acoplamiento de un macho y una hembra para que ocurra el evento de la reproducción. Los procesos que median la ocurrencia de nuevos individuos adultos a partir de una hembra en estado reproductivo son: 1) proceso de desarrollo embrionario (desarrollo del huevo dentro de la hembra) y 2) proceso de desarrollo post-embrionario que involucra el nacimiento del nuevo individuo inmaduro hasta convertirse en un adulto (maduro). Durante este segundo proceso ocurre visiblemente el ciclo vital y el insecto sufre una serie de transformaciones morfológicas y fisiológicas dentro del llamado proceso de metamorfosis. Según el proceso de cambios morfológicos existen diversos tipos de metamorfosis: ametábola, hemimetábola, holometábola e hipermetábola.

5.5.4. Características Ecológicas.

En este caso vamos a referirnos muy estrechamente al hecho que para alcanzar el desarrollo de nuevas progenies los insectos deben superar algunas "barreras". Algunas de orden interno como es el encuentro con el sexo opuesto para el apareamiento y otros de orden externo como el encuentro del hospedero adecuado para poner sus huevos y desencadenar visiblemente su ciclo biológico. Todo este proceso de vida trasciende en medio de una compleja relación ecológica que conjuga especies diversas (insectos, plantas, otros animales, ambiente) y que involucra un "lenguaje" especial.

No todos los insectos tienen la misma forma de vida, ni los mismos hábitos o preferencias. No todos los insectos reaccionan ecológicamente a factores climáticos, factores físicos o factores químicos de la misma forma. La diversidad ecológica es amplia.

Southwood (1977) introdujo una clasificación general de los insectos basada en la estrategia de vida. El considera tres grupos generales: los de estrategia "r", los de estrategia intermedia y los de estrategia "k".

Los insectos "r" fundamentan su éxito en su capacidad de reproducción, es decir producen muchas crías, son de rápido crecimiento y de vida corta.

Los insectos "K" fundamentan su éxito en su capacidad de optimizar el ambiente producen poca descendencia y tienen larga duración de vida. Los insectos con estrategia intermedia se ubican entre los "r" y los "K" y poseen entonces características intermedias, la mayor cantidad de especies según Southwood se ubican en la intermedia (Ver característica 3).

No todos los insectos se alimentan del mismo tipo de sustrato, el hábito alimenticio de los mismos es muy diverso encontrando grupos que se alimentan de: plantas y sus productos; sangre; carne; residuos (estiércol, ditritus, etc).

El grupo que se alimenta de las plantas, lo constituyen los fitófagos o herbívoros y encontramos tres categorías: los masticadores, los succionadores y los formadores de agallas. Estas categorías son

estrategias para ingerir sus alimentos. Dentro del grupo encontramos una clasificación basada en la abundancia de especies hospederas (plantas) que el insecto consume y éstos pueden ser: **Monófagos**, los que se alimentan de una sola especie; **Oligófagos**, los que se alimentan de varias especies de plantas relacionadas y los **Polifagos** que se alimentan de una amplia variedad de especies.

Los fitófagos masticadores también presentan diversidad en la parte de tejido vegetal del cual se alimentan y tienen sus propias preferencias: el follaje, raíces, flores, frutos, tallos. Los fitófagos succionadores se alimentan de los líquidos (savia) que extraen de las plantas según partes de su preferencia como: hojas, yemas, frutos, tallos.



Insecto de hábito masticador

Económicamente es durante este proceso de alimentación que los fitófagos causan su daño a los cultivos. Al alimentarse del tejido vegetal los masticadores causan un daño directo que puede llegar a incidir, en la reducción del producto de la cosecha.

En el caso de los succionadores al alimentarse su principal daño no lo causan generalmente por la cantidad de savia que succionan de la planta, sino más bien por el hecho que muchos de ellos son vectores de patógenos causantes de enfermedades, así pues al alimentarse el insecto succionador deposita al patógeno dentro de la planta. Si la enfermedad se desarrolla causará una reducción en el producto de la cosecha.



Insecto de hábito succionador

El grupo de los insectos que se alimentan de sangre establece sus interacciones para la función alimenticia con el hombre y con los animales. Muchas especies además de succionar sangre transmiten a sus hospederos patógenos que ocasionan enfermedades muy peligrosas. Los insectos que se alimentan de carne establecen su interacción alimenticia con el hombre, los animales y con otras especies de insectos.

Dentro del contexto ecológico es importante anotar la existencia en la naturaleza de insectos que literalmente se comen a otros insectos, actúan dentro del proceso de regulación poblacional y son llamados en general insectos benéficos y en particular constituyen los parásitos y los depredadores cada grupo tiene sus propias características generales (Ver característica 4).

La función ecológica de los insectos es muy importante para la conservación de especies de diversos grupos de organismos en el planeta, ellos forman parte directa de las cadenas tróficas, son parte crucial en procesos de descomposición orgánica, son fuentes de sustancias químicas para diversos fines, son de utilidad en la reproducción de ciertas especies vegetales mediante su acción como polinizadores.

5.5.5. Búsqueda del Hospedero

5.5.5.1 Necesidad del alimento.

Un evento crucial en el proceso de producción de nuevas generaciones de insectos es la disponibilidad de alimentos el cual es importante en su calidad y cantidad. Al estado nutritivo y a la abundancia aún le sobreviene varias situaciones que deben ser inicialmente superadas por el insecto, especialmente nos referimos al encuentro del hospedero ya sea para propósitos solamente de alimentación o para propósitos de alimentación y reproducción sobre él.



Crisomélido alimentándose de su hospedero

Las plantas constituyen la base del alimento de los herbívoros y estos las buscan para tal fin. Las plantas emiten una serie de mensajes tanto físicos como químicos (olores, sabores), que son utilizados por los insectos para encontrar o localizar una planta determinada o bien para alejarse de ella o evitarla. Los mensajes químicos evocan una función de protección para las plantas contra los

herbívoros, no obstante ciertas especies insectiles logran descodificar el mensaje y su efecto tóxico y se benefician del mismo para encontrar a la planta y alimentarse de ella.

Las defensas de las plantas contra los herbívoros están basadas sobre factores físicos y químicos. Los mecanismos de defensa física incorporan: depósitos cuticulares, endurecimientos de la epidermis espinas, pelos. Los factores químicos están constituidos por los metabolitos secundarios entre ellos los: alcaloides, terpenoides, flavonoides, taninos y ácidos hidrocámicos. Las plantas también producen los metabolitos primarios pero estos ayudan al cumplimiento de funciones vitales dentro de la fisiología del organismo siendo los carbohidratos, aminoácidos, bases etc. La función fisiológica de los metabolitos secundarios es en gran medida desconocida y resaltan por tener una función ecológica en la protección contra el ataque de herbívoros. Son estos los que producen los mensajes químicos (olores, sabores) que atraen o repelen a los insectos.

5.5.5.2. Mecanismos de búsqueda.

La búsqueda de un hospedero adecuado involucra procedimientos generales y específicos. Cada especie de insecto actúa bajo su propia estrategia la cual ha sido desarrollada en todo un proceso co-evolutivo con su hospedero.



Crisomélido en busca de alimento

En términos de comportamiento los insectos fitófagos pueden encontrar a su hospedero por una de tres formas:

1. Selección del hospedero al azar, es decir moviéndose en cualquier dirección y probando en la planta que va cayendo hasta encontrar una adecuada. Un ejemplo práctico es el caso de los saltamontes.
2. Selección del hospedero por la hembra quien deposita sus huevos en la planta en respuesta a mensajes químicos determinados. La mayoría de las mariposas encuentran su hospedero de esta forma.
3. El insecto puede vivir en agregación que se extiende por varias generaciones, en consecuencia las crías nacen directamente sobre su huésped sin que previamente la madre haya buscado al hospedero. Los áfidos son un buen ejemplo de este comportamiento.

En términos de etapas en el encuentro de un hospedero es importante reconocer:

1. Búsqueda de un hábitat adecuado
2. Establecimiento sobre la planta
3. Inicio de la alimentación (pruebas)
4. Alimentación plena

Si por algún factor adverso el proceso es interrumpido en alguna etapa, el insecto retornará a la etapa anterior, para intentar de nuevo su completamiento. Es importante reconocer que un insecto puede establecerse en una planta hospedera para propósitos iniciales de: alimentación y reproducción (puesta de huevos), ó solo reproducción.

5.5.5.3. Señales de atracción.

Rosset (1988), refiere que los insectos herbívoros utilizan diversas "señales" o indicaciones para localizar a sus plantas hospederas e indica que si la señal es correcta la planta será atractiva y si la señal es incorrecta (negativa) podría darse un efecto repelente para el insecto.

Una misma señal puede tener efecto diferente sobre dos especies de insectos. Las diversas "señales" o indicaciones en un esquema modificado de Southwood y Way (1970) son clasificadas como ópticas, olfatorias, gustativas y táctiles (cuadro 1).

Un importante elemento en la fisiología y comunicación entre los organismos lo constituyen las sustancias químicas que son producidas en el interior de cada organismo. Estas sustancias a nivel general están constituidas por dos grupos: 1) Hormonas y 2) semioquímicos.

Hormona: Es producida por glándulas endocrinas y actúa en el mismo organismo que la origina.

Semioquímica: Es producida de diversas maneras en un organismo, pero actúa en otros organismos.

Feromona: Sirve como medio de comunicación entre individuos de la misma especie.

Aleloquímicos: Sirve como medio de comunicación entre individuos de distintas especies.

Alomona: Su acción beneficia a la especie emisora.

Kairomona: Su acción beneficia a la especie receptora.

Sinimona: Su acción beneficia a ambas especies.

Sustancia química que produce una reacción fisiológica o etológica en un organismo.

Cuadro 1. Señales que ayudan a los herbívoros en la búsqueda de sus plantas hospederas (modificado de Southwood y way, 1970)

Selección de:	Tipo de señal	Respuesta a:
El hábitat	Óptica	Colores y contrastes de colores en la parcela cultivada
		Tamaño y forma de la parcela
		densidad y arreglo de siembra
	Olfatoria	Olor (es) de la parcela
La planta Individual	Óptica	Color de la planta y/o ciertos órganos
		Tamaño y forma de la planta
	Olfatoria	Olor de la planta
	Gustativa	Sabor de la planta
	Táctil	Textura del órgano atacado

5.5.5.4. Indicaciones ópticas.

Están determinadas por los colores (directos o contrastes), y por ciertas señales perceptibles para ciertas especies de insectos como la radiación ultravioleta. Existen consistentes reportes que los colores ejercen atracción sobre determinadas especies de insectos. Parte del poder atractivo de las flores descansa en sus vistosos colores, los cuales son debidos a la presencia de pigmentos específicos en los cromoplastos o en las vasculas de las células de los tejidos florales. Importantes grupos de pigmentos son:

Flavonoides: colores anaranjado, rojo, azul, blanco y amarillo

Carotenoides: color amarillo

Clorofila: color verde.

Diversas especies como abejas, mosca blanca y áfidos demuestran ser atraídas particularmente por el color amarillo. Las abejas pueden reconocer todos los colores incluso por el rojo al cual se ha comprobado son insensitivas. La atracción por el rojo no lo ejerce el color propiamente sino más bien la radiación ultravioleta que absorben dichas flores dada la presencia de pigmentos flavonoides que son los que dan la coloración roja.

Otra indicación óptica es la luminosidad esta provoca un estímulo de atracción conocido como reflejo de fijación (Telotaxis). El objeto o punto luminoso es percibido por el insecto desde a una determinada distancia, la imagen de este objeto queda fijada en un punto central de la retina del ojo y el insecto es capaz de dirigirse directamente a el. Las luciérnagas muestran este tipo de atracción, algunas palomillas como el adulto del gusano cogollero muestran atracción por la luminosidad creada en trampa de luz.

5.5.5.5. Indicaciones olfatorias.

Las plantas emiten diversos olores que son el resultado de la acción de los metabolitos secundarios siendo muy importantes los aceites, las aminas y compuestos terpenoides. Los insectos responden de forma particular a dichos olores.

El olor o aroma de las flores juega un papel principal como atrayente de insectos polinizadores en las plantas angiospermas. Las abejas responden especialmente al aroma de las flores. El olor es de primordial importancia para insectos voladores de hábitat nocturno en donde por la ausencia de luz solar, los estímulos visuales son prácticamente ausentes, estos insectos tienen bien desarrollada la capacidad de oler.

Ciertas plantas tienen sobre la superficie de sus hojas glándulas odoríferas las cuales contienen aceites volátiles. Otras partes de las plantas como los frutos también producen olores característicos, que ejercen atracción sobre los insectos.

Las plantas producen sus olores como un mecanismo de atracción de insectos que le serán útiles especialmente los polinizadores, también los olores tienen una función repelente para ahuyentar aquellos que harán daño a la planta. Algunas especies utilizan los olores de repelencia para encontrar a su hospedero.

5.5.5.6. Indicaciones gustativas.

Estas están referidas al sabor de la planta en sus diversas partes. El sabor amargo parece haber sido desarrollado por las plantas para provocar repelencia en los herbívoros. Cuando el insecto prueba el tejido vegetal ingiere los compuestos metabolitos secundarios que se encuentran en él, estos químicos además de provocar el sabor característico, son en sí sustancias tóxicas para la fisiología del insecto.

Las pruebas de alimentación determinarán la aceptación definitiva del tejido vegetal. Los insectos que aceptan el sabor de una planta y se alimentan con normalidad de ella usualmente disponen de mecanismos para evitar el daño que podrían causarles los tóxicos que producen dicho sabor y otros tóxicos presentes en el tejido. Producto de su proceso co-evolutivo la mayoría de los herbívoros han desarrollado un buen sistema enzimático para detoxificar los venenos de las plantas.

Superada la barrera del sabor y la barrera de los efectos químicos negativos producida por las toxinas presentes en el tejido, resulta de particular importancia para ciertas especies, el estado nutritivo del alimento, esta indicación gustativa está relacionada con la acción de los metabolitos primarios. Para ciertas especies de insectos por ejemplo el caso de los áfidos que colonizan cítricos las hojas tiernas reúnen las condiciones nutritivas ideales para su alimentación, cuando las hojas maduran las colonias emigran y regresan hasta que las hojas tiernas estén presentes.

5.5.5.7. Condiciones táctiles.

Algunas especies de insectos reconocen de forma definitiva a su hospedero por ciertas características morfológicas en la superficie de la planta. Algunas especies de mariposas reconocen inicialmente a su potencial hospedero por la forma de la planta y por la forma de las hojas, posteriormente

mediante acción táctil exploran la rugosidad de la epidermis de la hoja para determinar si se trata o no de su hospedero. Existen en la naturaleza plantas diferentes que tienen forma y tipos de hojas muy parecidas. Los áfidos son muy conocidos en usar sus antenas para acciones táctiles sobre las hojas.

Existe otro grupo de insectos que llamamos insectos benéficos: parásitos y depredadores. Estos insectos se alimentan de otros insectos y también deben realizar actividades para encontrar a su insecto-alimento. Los principales mecanismos que utilizan para dicho encuentro son: la búsqueda al azar (prácticamente hasta chocar con su presa) y la búsqueda orientada por el olor o los olores emitidos por el insecto buscado.

5.5.5.8. Mecanismos sensoriales.

Los insectos disponen de organismos sensoriales para recibir estímulos químicos mecánicos, auditivos, visuales, etc. Estos órganos están localizados principalmente en la pared del cuerpo, y la mayoría son de tamaño microscópico, cada órgano es usualmente excitado por un estímulo específico.

Los sentidos químicos se relacionan con el sabor y el olor. Los quimiorreceptores son una parte muy importante dentro del sistema sensorial de los insectos, dado ellos se involucran en muchos tipos de comportamiento: patrones de comportamiento para en alimentación, acoplamiento, selección de hábitat, y relaciones parásito-hospedero, entre otros son a menudo dirigidos por los sentidos químicos. Las respuestas de los insectos a trampas de atracción y repelentes hechas por el hombre involucra estos órganos receptores.

En general los órganos sensoriales involucrados en la recepción química consisten de un grupo de células sensoriales ubicadas en la pared del cuerpo y terminan en su extremo superior en una microscópica célula nerviosa.

Los órganos sensoriales del sabor se encuentran localizados principalmente en las partes bucales, pero en algunas especies como hormigas, abejas y avispas también tienen órganos del sabor sobre las antenas, otros como las mariposas los tienen sobre los tarsos.

Los órganos sensoriales sensitivos a estímulos mecánicos reaccionan ante el tacto, la presión o las vibraciones y brindan al insecto información que puede guiar su orientación, sus movimientos generales, alimentación, alojamiento de enemigos, reproducción y otras actividades. El tipo más sencillo de receptor táctil es un pelo o seta que está provisto de una célula nerviosa.

Los insectos también tienen desarrollada la capacidad de oír y de mirar habiendo desarrollado partes de su cuerpo para esta función como lo son los tímpanos y los ojos respectivamente. La capacidad de uso de estos órganos varía entre especies. Los insectos también tienen bien desarrollado el sentido de la temperatura, los órganos de este sentido están distribuidos por todo el cuerpo pero se encuentran principalmente en las antenas y las patas. Algunas especies tienen además el sentido de la humedad muy bien desarrollado.

5.5.5.9. Manipulación de las señales.

Basados en el hecho que los insectos instintivamente muestran respuestas determinadas a señales físicas y químicas, el hombre ha utilizado este comportamiento para mejorar sus estrategias de reducción de poblaciones plagas en los cultivos, desarrollando técnicas específicas para control basado en las reacciones ante señales determinadas. En el siguiente cuadro se presentan que tipo de manipulación del ambiente se puede realizar de acuerdo al tipo de señal involucrada.

Señales ópticas:	Señales olfativas:	Señales gustativas y táctiles:
Cobertura de suelos Densidades de siembra/arreglo de cultivos Trampas lumínicas Trampas de color	Policultivos Feromonas Cultivos trampa	Sabor (fitomejoramiento) Insecticidas botánicos Pelos, textura (fitomejoramiento).

VI. CONSECUENCIAS ASOCIADAS AL MANEJO DE PLAGAS

6.1. Introducción

Los plaguicidas químicos son sustancias venenosas, por lo tanto ocasionan trastornos no solo en las poblaciones de insectos sobre las cuales son aplicadas, sino también sobre el entorno biótico y abiótico tanto dentro del agroecosistema como en el ambiente en general e incluso los seres humanos.

La importancia de estas consecuencias colaterales negativas de los plaguicidas químicos es enorme y a veces difícil de cuantificar. Solo en término de los gastos de atención médica a las personas intoxicadas no intencionalmente (accidentes de trabajo), el dinero que el estado nicaragüense gasta es una cifra no despreciable.

El problema se agudiza aun mas cuando el manejo de plagas descansa unilateralmente en los plaguicidas, provocando una espiral ascendente de más uso de plaguicidas y mayor agudización de la problemática.

Para encontrar vías de solución es necesario tomar conciencia de la naturaleza y efectos subyacente del empleo de este tipo de táctica de manejo de plagas y reflexionar sobre los mismos, así como esforzarse seria y efectivamente en buscar soluciones efectivas a este problema.

6.2. Efectos Agroecológicos

Efectos agroecológicos son aquellos que se que se dan a nivel de los agroecosistemas y pueden ser de tres tipos principales:

1. Destrucción de enemigos naturales y otros benéficos
2. Desarrollo de insecto-resistencia
3. Brotes de plagas y surgimiento de nuevas plagas

6.2.1. Surgimiento de nuevas plagas

Los brotes violentos de plagas, es quizás la característica más contrastante entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas y pudiese considerarse una consecuencia de todas las anteriores. La aparición de brotes violentos de plagas está condicionada a la ruptura del equilibrio natural dentro de un ecosistema y esa ruptura es mucho más fácil dentro de un agroecosistema en virtud de que el mismo es más inestable y por lo tanto proclive a reaccionar ante alteraciones relativamente moderadas de sus condiciones. Existe toda una larga discusión en relación a las razones de esa inestabilidad de los agroecosistemas. En términos generales, se acepta que una baja diversidad tiende a manifestarse en la forma de una menor estabilidad para un sistema.

Al hablar de diversidad se recomienda tener claro la diferencia entre diversidad específica y diversidad trófica; mientras que la primera hace referencia al número de especies distintas presentes en una comunidad y, en consecuencia, mayor número, mayor diversidad, la segunda enfatiza las relaciones entre los niveles trópicos, siendo más diversa aquella comunidad que posea mayores relaciones de dependencia entre sus distintos niveles trópicos. Esta es la diversidad que realmente nos interesa y su ausencia es la responsable de las apariciones súbitas de nuevas plagas en los agroecosistemas.

6.2.2. Desarrollo de resistencia

De acuerdo con la FAO, 1986, la cantidad de especies resistentes a los plaguicidas ha aumentado de unas pocas hasta solo cinco décadas, a casi 800 a principios de los años noventa, por ejemplo: Hasta 1989, en el mundo se ha informado de la existencia de 504 especies de artrópodos resistentes a por lo menos un plaguicida. Entre ellos, 198 especies (39.3 %) son de importancia medica o veterinaria, 283 especies (56.2 %) de relevancia para la agricultura como plagas y 23 especies (4.5%) de artrópodos benéficos. De acuerdo a este ejemplo, se entiende que las plagas han venido desarrollando resistencia a los plaguicidas quizás más rápidamente que los organismos benéficos. Sobre este particular, existen varias razones para explicar este hecho, entre las cuales se destaca la siguiente: como es sabido las plantas contienen una gran variabilidad de sustancias naturales que actúan como defensas contra las plagas, por lo que, para alimentarse de ellas, estas han experimentado adaptaciones evolutivas que les permiten destoxificar. Así, las plagas poseen mecanismos bioquímicos para enfrentarse a tal diversidad de sustancias, los cuales representan una especie de preadaptación para defenderse de los plaguicidas. En cambio, los depredadores y los parasitoides, por ser carnívoros, no están expuestos en la misma medida a esas sustancias.

De igual manera, se tiene conocimiento de resistencia a plaguicidas de 150 especies de fitopatógenos, 125 biotipos de malezas (79 de hoja ancha y 46 gramíneas), cinco especies de roedores y dos especies de nematodos. Un ejemplo muy conocido de resistencia, es el del picudo del algodón en nuestro país que ha llegado a ser 45 veces más resistente a ciertos plaguicidas que en otras zonas. (García, 2000).

6.2.3. Destrucción de enemigos naturales

La disminución de las poblaciones de organismos benéficos, enemigos naturales, y organismos competidores se dan como consecuencia de los efectos colaterales negativos de algunos plaguicidas a corto, mediano y largo plazo sobre su reproducción, desarrollo y normas de comportamiento.

La gran mayoría de los plaguicidas no afectan únicamente la plaga que se desea combatir, si no que también pueden afectar a otros organismos benéficos como: Coccinellidos, *Diadegma insulares*, león de áfidos, y algunos ácaros depredadores, entre otros.

Otras causas ligadas a la disminución de las poblaciones de enemigos naturales y organismos competidores son:

1. La ruptura de la sincronización entre la plaga y sus enemigos naturales.
2. La ruptura de las cadenas alimenticias.
3. Los efectos tóxicos de los plaguicidas sobre organismos entomopatógenos.
4. Susceptibilidad diferenciada entre las plagas, los enemigos naturales y los competidores.
5. Mayor nivel de exposición de los enemigos naturales y los competidores a los plaguicidas
6. Desarrollo de resistencia diferenciada.

Como consecuencia de estos efectos colaterales indeseables sobre los organismos benéficos, se llega a favorecer, en ocasiones, el que otros alcancen el estatus de plaga en el agroecosistema en acción, un ejemplo de ello es la aparición de ácaros fitófagos después de la aplicación de

piretorides en el cultivo del café. Así como la multiplicación de áfidos en diversos cultivos después de aplicaciones de insecticidas de amplio espectro. Otro ejemplo muy conocido, es el incremento del número de plagas en el cultivo de algodón en América central.

6.2.4. Destrucción de polinizadores

La destrucción o eliminación brusca de poblaciones de organismos polinizadores en un agroecosistema o en un sistema natural de vegetación puede acarrear efectos impactantes negativos sobre los agroecosistemas, esta es una de las causas de la disminución de la cantidad y calidad en la producción de los cultivos.

6.3. Efectos Ambientales

Efectos ambientales son aquellos que trascienden los límites del agroecosistema y se dan a nivel del ambiente en general. Existen tres tipos principales de efectos ambientales:

6.3.1. Contaminación de suelos

Muchos plaguicidas que se aplican para el control de plagas pueden ocasionar la muerte de microorganismos y macroorganismos que habitan en el suelo y que ayudan a los procesos que permiten mantener y/o aumentar su fertilidad de manera natural, conduciendo así a un proceso de esterilización de los mismos y convirtiéndolos por tanto, en suelos improductivos.



Suelo contaminado por el uso excesivo de plaguicidas

6.3.2. Contaminación de aguas

La contaminación de aguas por causa de los plaguicidas ha sido documentada ampliamente. Algunos investigadores han muestreado aguas de la antigua zona aldonera del occidente de Nicaragua y han encontrado elevados contenidos de plaguicidas que hacen de esta agua no consumibles por los humanos. Esto ha inducido por tanto a la inutilización de fuentes de agua potable de buena calidad. A la vez esta situación ha devenido en la destrucción de la fauna y flora acuícola, ocasionando a su vez, pérdidas económicas indirectas como sería el desaprovechamiento de cuerpos de agua con fines de pesquería y recreación.



Río con aguas contaminadas por el uso de excesivo de plaguicidas.

6.3.3. Cadena trófica

Los plaguicidas órgano-clorados al ser liposolubles tienden a acumularse de forma magnificada en los distintos eslabones de la cadena alimenticia. Se han encontrado residuos de DDT en niveles altamente prohibitivos en leche materna de mujeres del campo de la antigua zona algodonera. Estos residuos provienen probablemente del consumo de productos vegetales o animales obtenidos a partir de suelos contaminados con ese plaguicida. Análisis realizados en la grasa de animales carroñeros han mostrado un altísimo contenido de plaguicidas similares al DDT, contenido que es muy desproporcional al contenido de otros eslabones inferiores, pero de igual cantidad de biomasa.

El fenómeno de magnificación en la cadena trófica ha traído como consecuencia otros fenómenos etológicos o de cambio de comportamiento, así como la muerte de la fauna silvestre por intoxicaciones directas o disturbios en la reproducción (deficiente calcificación del cascarón de los huevos de aves marinas).

6.3.4. Efectos sobre la Salud

Los efectos en la salud humana se pueden clasificar en efectos agudos o a corto plazo, y efectos crónicos o a largo plazo.

Los primeros efectos pueden traer como consecuencia la muerte de las personas o el desarrollo de enfermedades.

Los efectos a largo plazo pueden traer como consecuencia enfermedades crónicas o fatales como:

- Cáncer
- Malformaciones congénitas
- Esterilidad
- Abortos y otros.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- 📖 **ANDREWS, K.L. 1984.** El Manejo Integrado de Plagas Invertebradas en Cultivos Agronómicos, Hortícolas y Frutales en el Escuela Agrícola Panamericana. Honduras MIPH-EAP Publicación No. 7 94p
- 📖 **ANDREWARTHA, H. G. y A. C. BIRCH. 1954.** The distribution and abundance of animals. The University of Chicago Press. 782 p.
- 📖 **ANONIMO. 1981.** *Semiochemicals: their role in pest control*. Nordlund, D. A., Jones, R. L., y Lewis, W. J. [eds.] John Wiley & Sons, Nueva York, NY, 306 p.
- 📖 **ANONIMO. 1995.** The crisis in IPM: Is there a solution to the gap between theory and practice? Symposium Proceedings, Entomological Society of America. *J. Agric. Entomol.* 12: 169-240.
- 📖 **ANONIMO. 1976.** Guía de Control Integrado de Plagas de Maíz y Frijol MAG/FAO. Managua, Nicaragua s.p.
- 📖 **BERG, GEORGE. H. 1962,** Guía practica para inspectores de cuarentena vegetal. 3^{era} edición. San Salvador, el Salvador. 87p.
- 📖 **BODAN B., R. et. al. 1979.** Manual de Manejo Integrado de Plagas del Algodonero. Banco Nacional de Nicaragua. S.p.
- 📖 **BOTTRELL, D.C. 1979.** integrated pest management. Washintong D.C. U.S. Govt. Print. Office. Rpt. For Coucil Environ. Quality. No.041-011-00049-1. 120p.
- 📖 **CARRAZANA, M. y RODRÍGUEZ, I. 1979.** Plaguicidas agrícolas. La Habana, Cuba. Editorial Libros para la educación p 96.
- 📖 **CHAPMAN, R. N. 1931.** Animal ecology with special reference to insects. McGraw Hill. New York: 191-202.
- 📖 **CISNERO V., F. H. 1980.** Principios del control de las plagas Agrícolas. Editorial Gráfica Pacific Press, El Surquillo, Perú 189 p.
- 📖 **CNEA (Comisión Nacional de Enseñanza Agropecuaria), 2004.** Caracterización de plaga en los cultivos Agrícolas. Promipac. 101p.
- 📖 **DEBACH, P. y R.A. SUNDBAY. 1963.** Competitive displacement between ecological homologues. *Hilgardia.* 34:105-166.
- 📖 **DENT, D. 1993.** Integrated insect pest management. Pp. 439-533. En insect. Pest management. Dent, D[ed]. CA Binternational, walling ford, UK.
- 📖 **FAO (Organización de naciones unidas), 1986.** La alimentación y el medio ambiente. Desarrollo y cooperación (Alemania federal) 1 (1986), 18-20 p

- 📖 **GARCÍA, J. E. 2000.** introducción a los plaguicidas, editorial, universidad estatal a distancia, San José Costa rica.
- 📖 **HOWELL, H. N., Jr. 1980.** Asociaciones de algunas plagas mayores y malezas comunes en Honduras, C. A. *Folia Entomol. Mex.* 43:67-68
- 📖 **HUFFAKER, C.E., P.S. MESSENGER y P. DEBACH 1971.** The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. *Biological Control* Plenum Press. New York-London: 16-17.
- 📖 **HRUSKA, A.J.; ROSSET, P. 1987.** Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. no. 5:30-44.
- 📖 **LINGREN, P. D.; M. J. LUKEFER.; M. DIAZ. y J. HARTSTACK, JR. 1978.** Tobacco budworm control in caged cotton with a resistent variety, aumentatives releases of *compoletis sonorensis*, and natural control by other beneficial Species. *J. Econ. Entomol.* 71: 739-45p.
- 📖 **MAG/FAO/PNUD, 1976.** Guía de control Integrado de Plagas de maíz, sorgo y fríjol. Proyecto Control Integrado de Plagas. Managua, Nicaragua. 63p.
- 📖 **MAYR, E. 1969.** Principles of systematic zoology. McGraw Hill, Inc. New York. 428 p.
- 📖 **NAS. 1978.** Insect-pest-Management and control. Principals of plant and animal pest control. Volume 3,580 (+ xxii) p.
- 📖 **PAINTER, R. H. 1951.** Insect resistance in crop. plants. The Macmillian pub. Co., New York. 520p.
- 📖 **PEDIGO, L. P. 1996.** Entomology and Pest Management. Second Edition. 1996. Prentice-Hall Pub., Englewood Cliffs, NJ. 679 pp.
- 📖 **POSTON, F. L., L. P. PEDIGO, Y S. M. WELCH. 1983.** Economic injury levels: reality and practicality. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 29:49-53.
- 📖 **ROSSET, R. P. 1988.** Aprovechamiento de la ecología y el comportamiento de los insectos mediante las técnicas de control cultural en el manejo de plagas.
- 📖 **SHENK, M.D. Y J.L. SAUNDERS. 1981.** Insect Population Responses to Vegetation Management Systems in Tropical Maize Production. CATIE mimeo 15p.
- 📖 **SOUTHWOOD, T. R. E. 1962.** Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biol. Rev.* 33: 171-214. 1977. *Entomology and mankind. Proc. XV Int. Cong. Entomol.* Washington, D.C: 36-51.
- 📖 **SOUTHWOOD, T. R. E. y M. J. WAY. 1970.** Ecological background to pest management. Concept of pest management. Proc. of a Conference held at North Carolina State University at Raleigh. North Carolina: 6-29.

📖 STERN, V.M., R.F. SMITH., R. VAN DEN BOSH., AND K.S. HAGEN. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29: 81-101.

📖 **Paginas Web con relación a niveles económicos de daño**

📖 http://www.agr.gov.sk.ca/crops/crop_prot/insects/thresholds.asp

📖 Esta página presenta los conceptos de umbrales económicos y lista umbrales específicos para varios insectos de cultivos. Buena pagina para ver diferentes formas de umbrales.

📖 <http://es.epa.gov/techinfo/facts/nc/nc-fs8.html>

📖 En esta página se discute como umbrales económicos y MIP pueden ser usados para proteger a los cultivos.