



Entomología Económica

Asignatura: **Entomología Forense**

Máster Universitario en Ciencias Forenses

Universidad de Murcia

Material docente elaborado por M.I. Arnaldos, M.D. García y J.J. Presa

Curso 2010-11



Entomología Forense. Tema: Entomología económica

DESARROLLO:

Este tema trata de introducir los conceptos básicos de la Entomología económica, aportando, de preferencia, ejemplos relacionados con el ámbito forense.

CONTENIDOS:

- Introducción.
 - Concepto de plaga
 - Plagas de importancia económica. Daño económico y umbral económico
 - Otros conceptos de entomología económica
 - Detección y evaluación de plagas
 - Control de plagas. Bases para el manejo de plagas.
 - Lucha contra plagas. Principales métodos. Predicción
-

OBJETIVOS:

- Conocimiento de los conceptos básicos en Entomología económica.
 - Conocimiento de la aplicabilidad de los distintos métodos de control y lucha contra los principales tipos de plagas entomológicas.
-

COMPETENCIAS:

- Capacidad de evaluación de un eventual fenómeno de plaga con repercusiones forenses.
-

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA:

DENT, D., 1995. *Integrated pest management*. Chapman & Hall.

HILL, D.S., 1997. *The economic importance of insects*. Chapman & Hall.

ROMOSER, W.S. & STOFFOLANO, J.G., 1994. *The Science of Entomology*. Wm. C. Brown Publishers.

VAN DRIESCHE, R.G. & BELLOWS, T.S., 1996. *Biological control*. Chapman & Hall.

VAN EMDEN, H.F., 1977. *Control de plagas y su ecología*. Omega.





Entomología Forense. Tema: Entomología económica

INTRODUCCIÓN

Por Entomología Económica se conoce el estudio de los artrópodos a partir de su relación con el hombre, la fauna doméstica, el ganado y las cosechas y, en el caso de que sean dañinos, de los métodos existentes para prevenir los daños o controlar las poblaciones.

El hombre suele preocuparse por las especies que actúan como plaga a causa del daño que producen y su importancia en relación con los asuntos humanos. Cuando nos enfrentamos con una situación de artrópodo/hospedador, es importante determinar que el artrópodo es realmente una plaga antes de considerar cualquier medida de control. En el pasado, la mayoría del dinero y tiempo se han perdido en casos donde el artrópodo o no era plaga o producía un daño tan leve que no representaba ningún peligro real. A veces se han desencadenado desastres ecológicos por aplicar innecesariamente plaguicidas.

Plaga

La definición de plaga puede variar en detalle según el contexto preciso en que se considere, pero en el sentido más amplio, una plaga es un organismo que causa daños a los humanos, sus bienes, cosechas o posesiones. El daño es la palabra clave, y puede ser medido cuantitativamente.

Por otra parte, el daño suele establecerse como pérdida económica en términos de valor monetario real.

El daño, en su nivel de interpretación más bajo, menos peligroso, incluye las molestias causadas por las especies. Así, un mosquito que impide dormir por la noche, en África tropical puede ser tan molesto que reduzca la eficiencia en el trabajo.

Condición de plaga

Se produce cuando la población de artrópodos causa un nivel de daño particular, pero se designa plaga sólo a una población dada en un momento concreto en un hábitat u hospedador concretos. En otro hospedador, o en un nivel de población menor, el artrópodo puede muy bien no constituir plaga.





Plaga económica

Las actividades de las plagas resultan en un daño que a menudo se expresa como una pérdida económica, esto es, una disminución de la ganancia que percibe un agricultor o la pérdida de beneficios para una comunidad.

Cuando el nivel de daño alcanza un cierto punto en el que la pérdida financiera es significativa, entonces la población del artrópodo en cuestión pasa a ser considerada plaga económica. La existencia de una plaga económica requiere medidas de control.

Las plagas pueden considerarse en tres categorías distintas:

agrícolas y forestales

de productos almacenados, bienes de consumo y materiales estructurales

humanas y de animales salvajes y domésticos de valor

Claramente, una decisión, como cuándo el nivel de daño resulta significativo, es muy subjetiva y variará en función de la plaga y el daño.

De modo general, se considera que un artrópodo pasa a ser plaga económica cuando causa pérdidas del 5-10%.

Daño económico

Se define como la cantidad de daño causado a un cultivo u hospedador por una plaga que justificará, desde el punto de vista financiera, el costo de adoptar medidas de control contra la plaga. En el pasado, tales medidas solían ser la aplicación de insecticidas. La valoración variará enormemente según la situación, por ejemplo el cultivo, en función del valor básico de tal cultivo, su valor actual de mercado y el costo de las medidas del control a aplicar.

Especie plaga

Es una especie cuyos miembros tienen normalmente el estatus de plaga y causan daños de importancia económica. Tales especies requieren, normalmente, medidas de control de la población.

Ejemplos de especies plaga bien conocidas son el escarabajo de la patata en Europa, la mosca tse-tse en África tropical, la mosca de las zanahorias (*Psila rosea*) y el gusano de las manzanas y peras (*Cydia pomonella* Lepidóptero) en Europa y Norteamérica. Sin embargo, los individuos de la especie no constituyen necesariamente una plaga, por diversos motivos, porque el hospedador no tiene importancia económica





(por ejemplo, la mosca tse-tsé en animales salvajes) o pueden aparecer en muy pequeño número. Otro problema es el que se presenta, por ejemplo, por abundancia de mosquitos macho, que no son hematófagos, pero que copulan con las hembras, que sí son hematófagas.

Sólo porque un individuo pertenezca a una especie plaga no debe asumirse que es, en sí mismo, una plaga. Hace falta una evidencia.

Nivel de daño económico

Los entomólogos se preocupan, en principio, de las especies plaga y sus poblaciones, cuyo tamaño puede determinarse cuando se establece la condición de plaga.

El nivel de daño económico se refiere al mínimo tamaño de la población plaga capaz de producir daño económico; la mayor parte de las actuaciones de protección se encamina a la prevención de la población plaga a partir de que se alcanza ese nivel.

Demasiado a menudo, por desgracia, se fracasa en la predicción de los problemas de las plagas, y entonces el principal problema es rebajar los niveles de año mediante la reducción de la población plaga a un nivel por debajo del de daño económico.

Umbral económico

Como tal se designa a la densidad de una población de artrópodo a la que deben iniciarse las medidas de control para prevenir que tal población alcance el nivel de daño económico. La anticipación de un problema serio de plaga puede conducir a una evitación completa del daño, y puede decirse que éste es el objetivo último de los programas de control de plagas.

Complejos de plagas

Cualquier organismo puede ser atacado, normalmente, por cierto número de diferentes especies de insectos, ácaros, nemátodos, parásitos, patógenos, aves y mamíferos, lo que constituye un complejo de plagas interactivo y complicado. Es necesario considerar el complejo en su conjunto a la hora de la protección y sanidad ambiental, particularmente porque algunas plagas actúan en sinergia.

En relación con ello, se debe considerar un aspecto muy importante, la predisposición. Se produce cuando un organismo es atacado por una plaga y, así, debilitado, con lo que se vuelve más vulnerable a otras plagas/patógenos/parásitos. Por





desgracia, los organismos vivos pueden hacerse vulnerables por muchos motivos, tanto de carácter físico como fisiológico.

Espectro de plagas

Se refiere al rango total de los diferentes tipos de plaga de un organismo particular y las especies registradas como sus atacantes potenciales.

En un sentido amplio, se referirá a todas las especies recogidas en un hospedador por todo el mundo; en un sentido estricto, se refiere a las especies presentes en el ámbito local. Cualquier hospedador será atacado por el mismo espectro de plagas en diferentes partes del mundo.

Carga de especies

Es el número real de especies de las diferentes plagas y el número de individuos que se encuentran en un hospedador, en un momento dado. Normalmente, habrá un complejo de plagas, pero en ciertos casos se puede referir a una población monoespecífica.

Plaga clave

En un complejo de plagas local, hay normalmente unas pocas plagas principales que son las más importantes. Éstas dominan el complejo de varios modos y, normalmente, ocasionan los daños más importantes, por lo que su control se convierte en tarea urgente.

Las plagas clave tienen, normalmente, un potencial reproductivo alto, a menudo un buen mecanismo de supervivencia y suelen causar serios daños.

Plaga principal

Son especies que son importantes como plagas tanto localmente como plagas económicas en un área geográfica amplia. En esta categoría se incluyen unas pocas especies porque son polífagas y de amplia distribución, y muy comunes, aunque el daño que producen en un hospedador puede no ser muy grande.

Las plagas principales son las especies que precisan ser controladas.

Plagas menores

Son las especies menos peligrosas que se encuentran alimentándose u oviponiendo en un cultivo.





Normalmente producen sólo daños pequeños en el hospedador, y su efecto es inapreciable. A veces una plaga sería de un hospedador es plaga menor en otro o en el mismo hospedador pero en otra área geográfica.

Reclutamiento de especies plaga

La mayoría de cultivos, masas forestales y algunos tipos de ganado tienen su origen en una zona concreta de la Tierra, aunque en tiempos históricos hayan sido transportados por todo el mundo para instalarse en zonas con el clima adecuado. Si se estudian las plagas en estas nuevas regiones se observa que la mayoría de artrópodos plaga son alóctonos, propios de la zona original y que se han dispersado gradualmente por las nuevas áreas de dispersión. Sin embargo, en cada región hay también algunas plagas autóctonas que se han adaptado a los nuevos hospedadores.

Control de plagas

Hay muchos métodos diferentes de controlar las plagas, y en general queda claro que la tendencia básica es considerar la población hospedadora en conjunto más que a los diferentes individuos.

Cuando se está considerando qué método de control ha de aplicarse, los factores principales a considerar deben agruparse en lo siguiente:

- Daño esperado, tanto la naturaleza como la extensión del daño. Algunas plagas pueden ser letales para el hospedador y otras lo debilitan, pero a menudo el daño no es tan importante (sólo estético, o sólo una molestia...) En general el daño pequeño es bien tolerado y acepado y no debemos reaccionar en exceso ante unas pocas plagas.
- Grado de riesgo. Algunos organismos sufren gran riesgo en ciertos lugares a causa de grandes poblaciones residentes de una plaga, y los hospedadores pueden esperar ser víctimas de la plaga. En estas situaciones las medidas preventivas están normalmente justificadas, desde redes contra mosquitos a baños del ganado o esterilización del suelo.
- Naturaleza del complejo plaga. Normalmente el hospedador puede ser atacado por diferentes especies que interactúan para formar el complejo plaga. Un caso extremo sería la introducción de un nuevo cultivo en un área; será atacado por numerosas plagas. Claramente las medidas de control de plagas necesitan dirigirse al complejo





plaga más que a las plagas principales. Esta es una de las razones por las que hay que fomentar el manejo integrado de plagas.

- Factores económicos. El principal aspecto es el valor del daño esperado o real frente al coste de las medidas de control. Básicamente, el coste de las medidas de control debe ser menor que el daño. Las pérdidas pueden ser tanto directas como indirectas, implicando la muerte del organismo o la destrucción del producto vivo (fruta, grano, madera,...); alternatively en términos de contaminación de comercio internacional, la pérdida de reputación y otras pérdidas indirectas pueden ser importantes. Los tres costes principales se esperan en términos de mano de obra, los productos precisos para el control y cualquier equipamiento especializado que pueda ser preciso.
- Factores biológicos/ecológicos. La primera preocupación suele ser el alcance del nivel existente de control natural. Todas las especies son comidas por otros organismos y parasitados por otros. Es muy importante que este control natural no se altere con el control de plagas que se proyecte. La segunda preocupación es normalmente la extensión esperada de la contaminación ambiental o la destrucción. Muchos proyectos implican el uso de plaguicidas o sustancias similares, que afectan a muchos organismos y alteran las redes tróficas. Los venenos químicos pueden acabar en los sistemas acuíferos y así afectar a muchos más organismos.

Antes de adoptar cualquier decisión como el mejor método de control de plagas hay que identificar correctamente la plaga y conocer su biología. De otro modo se puede desperdiciar mucho dinero y esfuerzo al aplicar métodos de control inapropiados.

Aunque lo ideal es la aplicación del control integrado de plagas (CIP), vamos a repasar los distintos métodos básicos.

Métodos básicos de control de plagas

Métodos físicos

- **Métodos mecánicos.** El método más primitivo de control fue probablemente la recogida manual de las plagas. Aún es útil para algunas plagas: orugas en frutales jóvenes, garrapatas en ganado y mascotas... Por ejemplo, los tradicionales matamoscas han reaparecido en muchos lugares.





- **Protección.** Puede ser una mosquitera de red. Las mosquiteras son formas de protección vitales contra los hematófagos nocturnos en los trópicos. En otras partes, como el Ártico, es necesario llevar ropas protectoras contra las garrapatas y tábanos. En regiones tropicales y templadas el uso de redes de protección contra insectos es una práctica común.
- **Factores físicos.** Los factores físicos pueden ser muy efectivos para el control y eliminación de plagas. Las temperaturas letales, tanto las máximas como las mínimas, se emplean mucho. Por ejemplo, el almacenaje de grano en frío, en almacenes aislados puede reducir las infestaciones; no las elimina, pero ralentiza su metabolismo y su tasa de desarrollo y así reduce el nivel de daño en el grano. Para eliminar escarabajos de suplementos alimenticios para animales se almacena a -20°C durante una semana. En general, los insectos tropicales se eliminan mejor con frío y los de zonas templadas con calor. Las plagas de la madera se matan tratando el material en hornos; el calor se emplea tanto para secar la madera como para matar los artrópodos que contiene. El secado es importante para preservar muchos productos, pues no sólo los hace menos atractivos para los artrópodos, sino que también ralentiza la tasa de desarrollo y reduce el daño por microorganismos. El secado es uno de los principales métodos de conservación de alimentos y tiene una gran importancia económica.
- **Energía electromagnética.** Se puede emplear de varias maneras. La radiación de onda larga se emplea en madera infestada por escarabajos, pues los animales se calientan selectivamente y mueren. Las radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma) son letales en grandes dosis, pero en niveles bajos son esterilizantes, lo que se emplea, entre otros, contra moscas (por ejemplo moscas causantes de miasis). Como el **color** parece ser importante para algunos insectos, se aprovecha este hecho para la construcción de diversos tipos de trampas; las que se hacen amarillas capturan más insectos. Recientemente se ha descubierto en África que la mosca tse-tsé es atraída por el color azul, lo que es de gran ayuda para el trampeo de adultos en el campo. Se ha descubierto accidentalmente que los escarabajos vesicantes también son atraídos por el azul, y las trampas azules en el campo los capturan en gran cantidad. La radiación ultravioleta atrae a diferentes grupos, y las luces de vapor de mercurio atrapan grandes cantidades de insectos. Esto puede ser una herramienta para la evaluación de plagas muy valiosa, y para algunas especies las trampas de luz pueden funcionar reduciendo localmente la población plaga.





Control cultural

Se refiere a las operaciones habituales que no precisan el uso de equipos especiales de protección de cultivos o técnicas diseñadas para controlar las plagas o reducir su daño. En general, es más aplicable a la agricultura que a otras áreas de esfuerzo humano, aunque no de modo absoluto. Estos métodos no llevan a un control de plagas de alto nivel, pero típicamente implican trabajo y coste extras mínimos. Eran generalmente los métodos de control más primarios, pero con la llegada de los insecticidas organoclorados (DDT,...) cayeron en desuso (hacia 1940), porque el nivel de control que proveían era muy bajo. Más recientemente, la desilusión general con los métodos químicos y el creciente interés por el CIP ha reavivado el interés en el uso de los métodos culturales de control como parte del programa de manejo.

- **Condiciones óptimas de crecimiento.** Un hospedador poco sano, dañado o estresado está predispuesto al ataque de una plaga y es susceptible a un nivel de daño exagerado. La evitación de un área donde un organismo correría un gran riesgo por una plaga particular es un método fácil de usar.
- **Momento de la siembra.** Es un importante factor en la agricultura para evitar tanto el periodo de puesta de una plaga o el paso del estado vulnerable del crecimiento de la planta antes de que la plaga alcance proporciones de tal.
- **Momento de la cosecha.** Generalmente, una cosecha temprana puede reducir el daño sufrido por ciertos cultivos debido a ciertas plagas.
- **Arado, siembra y plantación profunda.** Prácticas agrícolas de utilidad para evitar las plagas edáficas.
- **Barbechos y rotación de cultivos.** Prácticas agrícolas tradicionales que evitan el agotamiento del suelo y dificultan el ataque de plagas y la proliferación de enfermedades.
- **Manejo de malas hierbas, hospedadores secundarios y cultivos trampa.** Práctica de gran importancia en agricultura y horticultura porque actúan como reservorios de patógenos y son hospedadores alternativos de plagas. De hecho, algunas plagas importantes prefieren poner sus huevos en las malas hierbas en lugar de en los cultivos, con lo que éstos se preservan.
- **Saneamiento de los cultivos.** Es un término general que cubre diferentes aspectos y se aplica de preferencia a las masas forestales. La eliminación y destrucción de las





plantas enfermas, dañadas o muy infestadas es de gran importancia en la reducción de una población plaga.

Métodos genéticos

La resistencia del hospedador al ataque de una plaga aparece en todos los grupos de organismos. En toda población hay siempre individuos que, bien sufren menos plagas que otros, bien sufren menos daños. Estos individuos representan una variedad genética distinta del resto de la población, y se dice que son resistentes a la plaga. Por el contrario, algunos individuos mostrarán daños más severos y sufrirán más plagas; se les denomina susceptibles. Normalmente estos últimos serán eliminados por las plagas y no se reproducirán.

El uso de variedades resistentes a las plagas ha tenido mucho éxito. Actualmente, a causa de los problemas relacionados con el uso masivo de insecticidas, se ha renovado el interés por las plantas resistentes. En relación con ello se reconocen cuatro tipos de resistencia distintos:

- a) **Evitación de plagas.** Cuando el hospedador evita ser infestado por no encontrarse en el estado susceptible cuando la población plaga está al máximo.
- b) **No preferencia.** Cuando los insectos plaga no colonizan determinados hospedadores, o le producen poco daño y ponen pocos huevos, pero no se conoce la causa.
- c) **Antibiosis.** Resistencia muy común, de carácter físico y fisiológico o bioquímico.
- d) **Tolerancia.** Se utiliza cuando el hospedador soporta una población plaga pero sufre realmente poco daño. Ésta es una característica, en parte, de los hospedadores vigorosos, que crecen en condiciones óptimas y son capaces de compensar el daño causado por la infestación. Muchas veces los únicos que aprecian esta característica son las poblaciones indígenas del centro de evolución de esa especie. La manipulación genética es la última arma de la entomología aplicada para eliminar especies plaga o al menos controlar el daño que producen.

Control biológico (biocontrol)

Puede ser visto desde un punto de vista estricto o amplio, pero el uso de variedades resistentes y otros aspectos genéticos deben ser tratados aparte a causa de su importancia.

Control natural. El ejercido por los predadores naturales y parásitos en un ecosistema local. No suele ser muy aparente, y de hecho ha sido ignorado en el pasado. Sin





embargo, tras el uso indiscriminado de insecticidas persistentes, como el DDT, que elimina también los enemigos naturales, surgieron picos de plagas nuevos y más severos, poniendo de manifiesto la importancia de los enemigos naturales de las plagas.

Los principales grupos de artrópodos predadores son arañas y varios grupos de insectos (chinchas, avispas, hormigas, escarabajos, ácaros predadores...). Los principales grupos parásitos son Tachinidae (Diptera), Ichneumonidae, Braconidae y Chalcidoidea (Hymenoptera).

Control biológico. En sentido estricto es el incremento deliberado del control natural por la introducción de predadores o parásitos (o patógenos) seleccionados. Se suele emplear la medida para reducir el nivel de población a un nivel de daño bajo. En general el biocontrol sólo tiene éxito en cultivos a largo plazo, como frutales.

Esterilización de los artrópodos (autocidio). Es la técnica que esteriliza a los machos sin alterar su comportamiento reproductor. Muchas hembras de artrópodos sólo copulan una vez, y no distinguen entre machos fértiles y estériles. Un gran número de machos es esterilizado, normalmente por radiación de rayos X o rayos γ , aunque también se ha empleado quimioesterilización, y después son liberados en el medio, donde resultan más numerosos que los machos no tratados. Se ha puesto en práctica, entre otros, con dípteros responsables de miasis en el ganado.

Semioquímicos. Se definen como sustancias producidas por un organismo que desencadenan una respuesta en otro organismo. Las sustancias más comunes de este tipo son las **feromonas**, secreciones glandulares empleadas en la comunicación intraespecífica. Se distinguen tres tipos:

- a) **feromonas sexuales**, generalmente segregadas por las hembras para atraer a los machos para copular.
- b) **feromonas sociales**, que concentran la población de las especies. Por ejemplo, en las avispas se segrega una feromona de ataque cuando el nido es alterado, lo que provoca una picadura masiva al intruso.
- c) **feromonas de dispersión**, que inducen un estado de alarma de modo que la población se dispersa rápidamente en el hospedador.

Las feromonas sexuales se utilizan de preferencia para supervisar las poblaciones plaga.





Control químico

Se trata de los insecticidas (o acaricidas si son para ácaros). El control químico es rápido (minutos, horas o unos pocos días), pero su aplicación debe repetirse para ser efectivo.

Según su modo de actuación, los insecticidas son:

- 1) **Repelentes.** Mantienen al artrópodo lejos del hospedador (por ejemplo, las colonias antimosquitos).
- 2) **Repugnatorios.** Bloquean la respuesta alimentaria. La respuesta general es compleja y puede fallar de varios modos.
- 3) **Fumigantes.** Penetran en el cuerpo del insecto y lo matan. Son sustancias volátiles que vaporizan.
- 4) **Ahuyentadores (ahumadores).** El polvo insecticida se atomiza y se mezcla con un combustible. Se dispersa como humo. Es de uso sólo en locales cerrados. Un tipo de ahuyentador se produce por la quema de tiras antimosquitos que liberan piretrinas en el aire.
- 5) **Venenos estomacales.** Sales inorgánicas que deben ser ingeridas para ser efectivas.
- 6) **Venenos de contacto.** Se absorben directamente a través de la cutícula. Hay dos tipos básicos:
 - **Rápidos.** De corta duración. Se utilizan para controlar plagas de importancia médica.
 - **Residuales o persistentes.** Aplicación en suelo, en los lugares de reposo de los artrópodos plaga.
- 7) **Venenos sistémicos.** Se usan contra ectoparásitos mediante inyección, ingestión o aplicación cutánea del preparado en el hospedador.

Todos los insecticidas químicos sintéticos inducen resistencia. Aunque puedan matar hasta el 98% de la población plaga, los individuos supervivientes son variedades genéticas que muestran una resistencia natural al insecticida. Al cabo de pocas generaciones, lo normal es que la plaga recupere su tamaño inicial, pero la mayoría de los individuos son ahora resistentes al insecticida.

En función de su naturaleza, los insecticidas se pueden clasificar en:





- 1) **Repelentes.** Varios extractos de plantas se sabe que poseen propiedades repelentes, y algunos han sido usados con éxito para proteger grano almacenado y productos alimenticios en los trópicos. Entre los vegetales usados están el árbol del nim, pimientos y tabaco. En el caso de mosquitos y otros hematófagos, se han empleado toluamidas, aplicados tanto en la piel como en la ropa. Una de las más usadas es la dietitoluamida, así como el etilhexanediol y hexahidro-1H-azepina. Los ftalatos son empleados contra ácaros y garrapatas (dimetilftalato, dibutilftalato y bencilbenzoato).
- 2) **Inhibidores de la alimentación.** Dado que el proceso de alimentación es muy complicado puesto que, en él, intervienen el olfato, el gusto, la vista,... y hay un cierto número de sustancias implicadas en el proceso, si se interfiere la secuencia química de olfacción, el artrópodo deja de alimentarse o rehúsa alimentarse. El árbol del nim es una de las plantas que producen sustancias que inhiben la alimentación.
- 3) **Sales inorgánicas.** Probablemente fueron los compuestos de control más primitivos. En su mayoría son venenos estomacales y deben ser ingeridos para ser efectivos. Algunos todavía se usan.
- 4) **Aceites orgánicos.** Fueron también de los primeros en ser usados, entre ellos el queroseno y alquitranes. Son buenos, entre otros, para conservar madera, como la creosota que, aplicada a la madera, es insecticida y fungicida. Ahora se producen aceites muy refinados, algunos de los cuales se han empleado mucho en cuerpos de agua en la lucha contra los mosquitos.
- 5) **Fumigantes y esterilizantes.** En su mayoría son líquidos volátiles que vaporizan en condiciones ambientes, dejando gases tóxicos para los artrópodos plaga. Los gases se emplean sobre todo en almacenes alimenticios y otros espacios cerrados y en la fumigación de productos para importación y exportación, en los planes de cuarentena. Algunos de los productos que se empleaban se han revelado como carcinógenos, y en la actualidad no se emplean.
- 6) **Organoclorados.** Fueron los primeros insecticidas "modernos", ahora llamados de segunda generación. Su desarrollo empezó con el DDT en 1940. Se caracterizan por su persistencia y su acción de amplio espectro, tanto por contacto como ingeridos. Las principales sustancias empleadas fueron aldrina, dieldrina, DDT, endosulfano y otros. Inicialmente permitían controlar alrededor del 98% de la plaga, o más, pero lo cierto es que eliminaban tanto a las plagas como a sus controladores naturales. Así, la





destrucción de los enemigos naturales, la contaminación ambiental y el desarrollo de resistentes llevó a comprobar su ineficacia real. Por ejemplo, la malaria, enfermedad transmitida por mosquitos, ha vuelto a los niveles de incidencia anteriores a la utilización del DDT.

- 7) **Fenoles.** Unos pocos son acaricidas efectivos. Su uso está muy restringido por su alta toxicidad para los mamíferos.
- 8) **Organofosforados.** Se desarrollaron durante la primera Guerra Mundial como venenos neurotóxicos. Tienen una alta toxicidad para vertebrados. Pero la mayoría es de vida corta y actúan tanto por contacto como sistémicamente. Su acción parece ser por vía de la inhibición de la acetil-colín-esterasa. Son muy peligrosos por su elevada toxicidad, incluso a través de la piel.
- 9) **Carbamatos.** Se desarrollaron también como inhibidores de la acetilcolínesterasa como alternativa de los organofosforados por su menor toxicidad para los vertebrados. Actualmente se usan carbamatos como insecticidas, entre ellos el carbofurano, carbaril,...
- 10) **Piretroides sintéticos.** Se han desarrollado como alternativas a los piretros naturales, cuyo principal inconveniente es su corta duración efectiva. Los piretroides modernos, alejados de las piretrinas originales, tienen el mismo efecto "destructor" potente de amplio espectro, pero son más estables y persistentes, lo que provoca mayor toxicidad para los mamíferos. Entre los recientes están bioaletrina, permetrina y tetrametrina.
- 11) **Bioinsecticidas.** Se pensaba que estos insecticidas naturales no desarrollaban resistencia, pero se ha comprobado que no es cierto, aunque siempre es menor que la debida a sustancias químicas. Hay cinco tipos de bioinsecticidas: 1) hongos, 2) bacterias, 3) virus (los tres son insecticidas microbiológicos), 4) extractos de plantas y 5) reguladores del crecimiento.
 - 1) **hongos.** Algunas especies de hongos producen antibióticos naturales que han sido empleados contra enfermedades de las plantas durante mucho tiempo. Ahora se sabe que los entomófagos pueden emplearse para control de plagas. Tienen limitaciones en su aplicación.
 - 2) **bacterias.** Al menos cuatro especies de *Bacillus* son entomófagas. Entre ellas *B. thuringiensis* ha sido muy empleada contra orugas, y otras variedades son





efectivas contra Dípteros y Coleópteros. No es dañina para otros insectos, arañas o vertebrados y es muy específica.

- 3) **virus.** Diferentes virus pueden causar daños a los artrópodos, pero sólo los pertenecientes a dos familias parecen ser realmente útiles (Baculovirus y Reovirus).
- 4) **extractos de plantas.** Se conocen desde tiempo inmemorial en la India y otras zonas de Asia tropical. En la India han sido usado para proteger el arroz y otros alimentos almacenados. En tiempos más recientes ha renacido el interés para usarlos como protectores de plantas y alimentos y contra mosquitos y otras plagas de interés médico y veterinario. Se conocen más de 2000 especies de plantas con propiedades insecticidas. La más famosa es el piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), nativo de Europa oriental y África occidental. Ahora se cultiva en Kenia. El extracto crudo de las flores se conoce como piretro, y es una mezcla de piretrinas y cinerinas. Es un insecticida de contacto muy potente que causa una parálisis rápida, pero es inestable a la luz y se hidroliza rápidamente. Es peligroso para vertebrados y la mayoría de artrópodos depredadores. Con el problema de la resistencia a los insecticidas, el interés por el piretro natural ha resurgido. En la India los extractos del árbol del nim (*Azadirachta indica*) tradicionalmente empleado, se usan como insecticidas. En las zonas más pobres hay un gran interés en el uso de materiales indígenas como insecticidas, lo que está desarrollando líneas de investigación en tal sentido.
- 5) **reguladores del crecimiento de insectos.** Son básicamente hormonas juveniles que impiden la maduración de las plagas. Son bastante útiles como insecticidas, pero tienden a funcionar sólo durante la metamorfosis larvaria. Son más apropiados contra especies plaga en estado adulto, como mosquitos, moscas domésticas y cucarachas.

MANEJO O CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS. BASES PARA EL CONTROL

El concepto original se desarrolló para recalcar la necesidad de entender las relaciones básicas y complicadas, antagonistas, entre el uso de insecticidas químicos y el control biológico. El primer uso del control integrado fue la aplicación cuidadosa de insecticidas químicos de modo que no alteraran el control natural existente a la vez que no se





produjeran conflictos con la introducción de nuevos predadores o parásitos. Esto significó un paso monumental hacia los controles racionales de plagas.

Es la integración de los métodos de control de artrópodos u otros animales, o plantas, tales como control biológico, cultural, químico y resistencia de los organismos para mantener las poblaciones plaga por debajo del nivel de daños, empleando tácticas económica y ambientalmente compatibles. Las tácticas de control de poblaciones de artrópodos deben integrarse con otras estrategias de control y prácticas culturales.

El CIP se preocupa principalmente del control de las poblaciones de artrópodos, aunque realmente incluye todas las plagas, esto es, mamíferos, aves, artrópodos, nematodos, malas hierbas y patógenos, y la necesidad de una visión global del control colectivo. La interpretación actual es el uso de un enfoque multidisciplinar del control de la población plaga y el mínimo uso de pesticidas químicos.

Los programas de CIP tienden a funcionar en tres fases de desarrollo. La rapidez en que se pasa de una fase a otra depende del conocimiento previo del ambiente y del nivel de sofisticación deseado.

La **primera fase** es la gestión o manejo de pesticidas. Para desarrollar esta fase debe haber una relación establecida entre densidades de la plaga y el daño resultante, de modo que los pesticidas no se apliquen innecesariamente. La eficacia del pesticida suele estar bien establecida, y la susceptibilidad de los diferentes estados del desarrollo de las plantas a los insectos suele ser conocida. Esto puede reducir el número de pulverizaciones en un 50%.

La **segunda fase** puede denominarse la fase de manejo cultural, que precisa de un conocimiento de la biología de la plaga y su relación con los hospedadores. Esto incluye tácticas culturales.

La **tercera fase**, la más difícil de poner en práctica, es la fase de control biológico. Además del conocimiento de la biología de la plaga, hay que conocer sus controladores naturales y su efectividad. En general no se puede dejar todo en manos exclusivamente de los agentes naturales de control. El elemento clave de un agente controlador natural para tener éxito en su labor es contar con suficiente número de individuos en el momento adecuado.

Lo más frecuente es que se manejen varios agentes de control y que sea preciso utilizar insecticidas, lo que puede ser peligroso para los enemigos naturales. Así, se





precisará tanto una aplicación programada del insecticida para minimizar la exposición a él de los agentes de control como el empleo de agentes resistentes o de plaguicidas "blandos", es decir, no tóxicos para las especies inocuas.

Proceso del control. Muestreos

Como la base del CIP es la relación entre densidades de plaga y daño causado, el proceso debe iniciarse con la identificación precisa de la especie que debe ser recogida mediante muestreos. La estimación de las densidades de la plaga se determina mediante muestreos. Las medidas para estimar la densidad de la población se pueden agrupar en:

- métodos absolutos
- métodos relativos
- índices de población

Los métodos absolutos proveen estimaciones de densidad por unidad de superficie (p.e., nº de larvas / unidad de volumen, de superficie...). Los métodos relativos estiman la densidad por otro tipo de unidad (p.e., nº de individuos por trampa con feromonas empleada). Los índices de población no cuentan sólo los insectos en sí, sino que consideran también los indicios de su presencia (exuvias, heces) o sus efectos (daños en el producto, picaduras en humanos,...)

La condición ideal es la estimación absoluta de las densidades de plaga. Sin embargo suele ser demasiado costoso para emplearse de modo rutinario. Una vez que se conocen las estimaciones absolutas y se han relacionado con los daños causados, es posible relacionar las estimaciones relativas y las absolutas mediante análisis de regresión. A partir de entonces se pueden usar las estimaciones relativas en la práctica del CIP.

Diseño del muestreo

1º.- Determinar la superficie a muestrear.

2º.- Determinar la unidad de muestreo.

3º.- Determinar el tamaño de muestra, porque no es posible prospectar todos y cada uno de los animales de una población, por ejemplo. El número de unidades de muestra por observación puede variar. Hay que considerar la media y la





desviación estándar. Si ésta es muy grande, habrá que tomar más muestras para ajustar el nivel de precisión.

La mayoría de los muestreos se basa en la toma aleatoria de muestras, lo que es válido y adecuado a efectos estadísticos. Pero cuando la plaga no se distribuye al azar este método no vale, y hay que hacer muestreos estratificados.

Muestreo secuencial

Uno de los esquemas de muestreo más eficientes es el llamado muestreo secuencial, basado en el conocimiento de la varianza y distribución de una población. El número de muestras es variable y los muestreos se paran cuando se sabe que la población plaga ha alcanzado cierta densidad.

Muestreo relativo

Muchos programas de CIP se basan en métodos de muestreos relativos, que a menudo implican el uso diferentes tipos de trampas, como de feromonas, imitadores del hospedador (colores), cubetas (cubetas pintadas y llenas de agua jabonosa) y emergencia.

Es posible relacionar el daño de una plaga con el número de insectos atrapados. Este método permite conocer la presencia de plagas y decidir el tratamiento.

El desarrollo de métodos de Control Integrado de Plagas es un proceso a largo plazo y sólo puede aplicarse tras mucha investigación sobre la biología, fisiología y ecología de la plaga y sus enemigos naturales. Esta táctica se basa en el proceso científico de identificar un problema y encontrar una solución. Sin embargo, cuando los programas de CIP fallan, se debe más a problemas sociológicos que a un conocimiento incompleto. Es frecuente que agricultores y granjeros sean renuentes a la aplicación de estos sistemas, pues constituyen un cambio notable respecto a las prácticas acostumbradas, y sólo con ideas creativas e innovadoras acceden a aplicarlo. Hay que recordar que los programas de CIP no son estáticos, y que las tácticas cambian continuamente conforme se dispone de más información.

ERRADICACIÓN DE LA PLAGA





Aunque el principal objeto de la mayoría de los programas de control es la reducción de la población plaga al nivel en que el daño económico no sea significativo, a veces la especie plaga es tan dañina, especialmente en un lugar recientemente colonizado, que debe ser destruido por completo. Algunas plagas médicas y veterinarias son tratadas así, incluidas la peste, la fiebre amarilla, el dengue y la malaria. Éste fue el caso de la *Cochiomyia hominivorax*, especie de Diptera que fue introducida accidentalmente en el norte de África, y fue sometida a un programa de control a partir de machos esterilizados durante cuatro años; se cree que ha sido completamente erradicada.

En la mayoría de los países existe legislación para asegurar la erradicación de plagas particulares de importancia. Por ejemplo, en Hong Kong ha habido seguimientos semanales de la población de pulgas de ratas para prevenir la peste, y hay controles en los reservorios de agua (se pulverizan con aceite) para prevenir la cría de mosquitos transmisores de malaria.

En general, se está de acuerdo en que la erradicación de cualquier plaga es una responsabilidad biológica grande, y que no debe acometerse salvo que sea estrictamente necesario porque las consecuencias ecológicas de tal pérdida no pueden ser predichas.

PREDICCIÓN

El clima define, en muchos casos, el rango geográfico y la distribución efectiva de las plagas y sus enemigos naturales. Las condiciones climáticas regulan e influyen en las poblaciones de artrópodos, bien directamente, afectando a su fisiología y comportamiento, bien indirectamente, afectando a sus nutrientes, hábitat o enemigos naturales.

Temperatura

Puesto que los artrópodos son ectotérmicos, su actividad fisiológica está directamente regulada por la temperatura, por lo que las tasas de desarrollo de los artrópodos están reguladas así. Aunque los artrópodos pueden tener una distribución geográfica amplia, las plagas suelen presentarse en aquellas áreas en que se dan las temperaturas óptimas para ellas.

La tasa de desarrollo de un artrópodo se determina por la acumulación de unidades de calor, los grados-día, por encima de un umbral térmico o temperatura





umbral. Ésta es la temperatura a la que el desarrollo se detiene. Por encima de ella la tasa de desarrollo se incrementa geoméricamente hasta que se alcanza el nivel máximo. Una vez alcanzado el nivel máximo, la tasa de desarrollo baja rápidamente, hasta alcanzar la temperatura máxima o letal. Algunos artrópodos soportan un rango térmico muy amplio (euritermos); otros muy estrecho (stenotermos). Registrando las temperaturas diarias y relacionándolas con las curvas de crecimiento de una especie, es posible predecir el pico de actividad de esa especie o, incluso, su momento de aparición.

Hay dos tipos de modelos de temperaturas empleados en la predicción del desarrollo de los artrópodos.

El modelo más sencillo es el de los grados-día; son modelos lineales basados en la porción lineal de la curva de crecimiento.

Los modelos más complejos se basan en cinéticas enzimáticas y desnaturalización enzimática. Éstos son muy exactos y se usan a menudo para simular la dinámica de la población plaga.

El enfoque más simple para desarrollar un modelo de grados-día es encontrar la constante térmica $k = y(x-a)$ para una plaga determinada por medio de la acumulación de las temperaturas medias diarias superiores al umbral mínimo.

En esa fórmula:

k es la constante térmica expresada en grados día

y es el tiempo preciso para completar el desarrollo

x es (temperatura máxima + temperatura mínima)/2

a es el umbral térmico

La forma más exacta de establecer constantes térmicas es criar la especie en cuestión a temperaturas constantes en el laboratorio. Pero también es posible estimar los grados-día supervisando las temperaturas del campo máximas y mínimas y acumulando los grados por encima del umbral mínimo para cada día hasta que la especie completa el desarrollo.

Los grados-día pueden usarse para predecir la actividad de vuelo de una plaga, la eclosión de los huevos, mejorar el momento de aplicación de los insecticidas,...

Humedad





La supervivencia de una plaga depende de su capacidad de tolerar los cambios hídricos de su organismo. Los artrópodos son capaces de mantener un equilibrio entre el agua ingerida y la pérdida por excreción y transpiración o respiración. La humedad media de un ambiente dado puede influir la distribución de una especie plaga.

También puede influir en el comportamiento de la especie, por ejemplo en la liberación de feromonas por parte de las hembras.

Viento

El viento es el modo primario de dispersión y colonización de muchas especies. A causa de que el viento y las tormentas varían enormemente de un año a otro, es difícil predecir a dónde llegarán las distintas especies. A menudo las especies plaga son transportadas por el viento y sus enemigos naturales no, lo que conduce a que sus poblaciones aumentan rápidamente de tamaño al no estar controladas por sus enemigos naturales.

