



Entomología aplicada para Agropecuarios

Julio Gabriel Ortega
Marcos Manobanda Guamán (+)
Carlos Castro Piguave
Fernando Ayón Villao
Jéssica Morán Morán
Máximo Vera Tumbaco
Pedro Valdés Tamayo
Raquel Vera Velázquez
Tomás Fuentes Figueroa
Washington Narváez Campana
William Merchán García



Entomología aplicada para Agropecuarios



Julio Gabriel Ortega
Marcos Manobanda Guamán (+)
Carlos Castro Piguave
Fernando Ayón Villao
Jéssica Morán Morán
Máximo Vera Tumbaco
Pedro Valdés Tamayo
Raquel Vera Velázquez
Tomás Fuentes Figueroa
Washington Narváez Campana
William Merchán García



Entomología aplicada
para Agropecuarios

©Julio Gabriel Ortega
Marcos Manobanda Guamán (+)
Carlos Castro Piguave
Fernando Ayón Villao
Jéssica Morán Morán
Máximo Vera Tumbaco
Pedro Valdés Tamayo
Raquel Vera Velázquez
Tomás Fuentes Figueroa
Washington Narváez Campana
William Merchán García

Editores

Julio Gabriel Ortega
Marcos Manobanda Guamán (+)

2021,

Publicado por acuerdo con los autores.

© 2021, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN 978-9942-33-380-3

Cita.

Gabriel-Ortega J, Manobanda-Guamán M (Ed.) (2021) Entomología aplicada para Agropecuarios. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. 155 p.

Prólogo

El deseo de escribir este libro académico y producto de investigaciones fue proporcionar a los estudiantes una visión global de la entomología aplicada para los profesionales agropecuarios. En la actualidad las ciencias de la entomología cobraron mayor relevancia por su papel en la productividad de los cultivos en los sistemas agrícolas. Debido a sus diferentes capacidades fisiológicas los insectos-plaga podrían considerarse como los factores más importantes en la sostenibilidad agrícola debido a que influyen en la disponibilidad de nutrimentos.

Se debe mencionar que aun cuando existen muchas publicaciones dedicadas a la entomología agrícola, en Ecuador se cuenta con escasas publicaciones de consulta que resume de manera sistemática y sencilla a los diversos insectos-plaga y pérdidas en las cosechas y en la calidad de los productos. Es por esto que consideramos la presente obra de gran utilidad para el desarrollo de programas de enseñanza de la entomología agrícola. En este compendio se cubren aspectos de actualidad, generales sobre los insectos - plaga y los diferentes tipos de control utilizados. Así también incluimos tres capítulos referentes a los últimos conocimientos sobre el control biológico de insectos-plaga, el uso de las matemáticas en estudios de la dinámica poblacional de insectos y sobre el cuidado, usos y cuidados de los plaguicidas.

Debemos mencionar que cada capítulo fue escrito por profesores especialistas en el área, por tal razón estamos seguros que será de mucha utilidad en la enseñanza, aprendizaje e investigación en nuestro país y esperamos también a nivel de América Latina.

Acerca de este libro

Se escribió esta obra teniendo en mente a estudiantes con nivel universitario en Agropecuaria, Agronomía, Biología, Forestal, Ambiental, etc., que se introducen en el complejo mundo del conocimiento de la entomología aplicada para cultivos agrícolas. Al escribir este documento se hizo un esfuerzo en proporcionar toda la información teórica y de aplicación práctica, de experiencias y literatura actualizada disponible.

Organización flexible del material

Este libro académico fruto de las experiencias y proyectos realizados, se estructuró en ocho capítulos. Estos capítulos cubren aspectos generales de la entomología, sobre la morfología de los insectos, el desarrollo y metamorfosis, la taxonomía, la colecta y conservación, el control biológico de insectos – plaga, los modelos matemáticos aplicados en la dinámica de poblaciones de insectos y las características, usos y cuidado de los plaguicidas. Consideramos que si bien esta obra no cubre todas las temáticas profundamente, es una información básica y valiosa para el conocimiento de la entomología práctica.

Cobertura de los temas

Dada la cantidad de información disponible para un texto puesto al día sobre la entomología agrícola, fue un reto mantener en el libro un nivel adecuado para los estudiantes universitarios que inician estudios en los diferentes campos de saber sobre insectos – plaga, el control biológicos y químico de estos. Se trató de resolver esta limitación estableciendo como meta ineludible el no abrumar a los estudiantes con detalles o material complicado que puede ser objeto de un curso posterior. De este modo, se discuten algunos temas más brevemente que en otros textos, pero en todos los casos se

proporciona al menos una la noción básica. Agradeceremos cumplidamente todos los comentarios y sugerencias provenientes de los lectores.

Agradecimientos

Escribir un libro académico y de investigación es tarea compleja y que toma mucho tiempo, pero el cumplir este trabajo de manera exitosa fue en buena medida gracias a las personas que participaron e influyeron en su realización.

Queremos manifestar nuestro agradecimiento al Ing, Marcos Manuel Manobanda Mg. Duie. (+), quién puso la semilla para que esta obra sea realidad; así como también a todas las personas, quienes, de forma directa o indirecta, contribuyeron al resultado que el lector tiene en sus manos.

Agradecer, a los miembros del comité editorial, con cuyos comentarios y nuestras discusiones sobre los temas y capítulos estuvieron siempre dispuestos a enriquecer el contenido con sus puntos de vista, a cualquier hora del día.

A todos y cada uno de los autores de los capítulos que conforman esta obra, por el tiempo dedicado y el empeño dispuesto para que este libro sea comprensible al estudiante de pregrado, donde comparten sus conocimientos en las diferentes ramas y aplicaciones de la Entomología y la microbiología.

A los Estudiantes de los cursos de Entomología, protección vegetal, y microbiología de pregrado, quienes con sus preguntas, dudas y comentarios enriquecieron los temas que abarca este libro.

Mucho de lo que aprendimos respecto de la manera de redactar los temas con mayor claridad fue impartiendo en estos cursos. Gracias a todos ellos.

A La Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), por financiar esta obra a través del proyecto “Desarrollo de alternativas tecnológicas para la producción sostenible de hortalizas de alta calidad bajo condiciones de invernadero” (Grant PROG-003-PROY-001—DIP-2017).

A la editorial....., que tuvo gran paciencia con este proyecto y perseveró en su edición, corrección y elaboración. Por su compromiso, entusiasmo y dedicación, nuestro sincero agradecimiento.

Dedicatoria

Dedicamos este libro al Ing. Marcos Manobanda Guamàn Mg. Duie. (+), amigo, compañero, colega y excelente profesor de nuestra querida Carrera de Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, quien sensiblemente nos dejó y ahora esta en la presencia del Señor gozando de paz.

Los Autores

ÍNDICE

Parte	CAPITULO	PÁGINAS
-	INTRODUCCION Marcos Manobanda Guamán, Julio Gabriel Ortega	1 - 2
I	GENERALIDADES Marcos Manobanda Guamán, Julio Gabriel Ortega	3 - 16
II	MORFOLOGÍA DE LOS INSECTOS Carlos Castro Piguave, Marcos Manobanda Guamán, Washington Narváez Campana	17 - 42
III	DESARROLLO Y METAMORFOSIS Marcos Manobanda Guamán, Carlos Castro Piguave, Washington Narváez Campana,	42 - 59
IV	TAXONOMIA DE LOS INSECTOS Washington Narváez Campana, Carlos Castro Piguave, Marcos Manobanda Guamán	60 - 78
V	COLECTA Y CONSERVACIÓN DE INSECTOS Carlos Castro Piguave, Fernando Ayón Villao, Washington Narváez Campana	79 - 93
VI	GENERALIDADES SOBRE EL CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS PLAGA Julio Gabriel Ortega, Jéssica Morán Morán, Tomàs Fuentes Figueroa, Alfredo Castro Landín	94 - 112
VII	MODELOS MATEMÁTICOS USADOS EN LA DINAMICA DE PLAGAS Raquel Vera Velázquez, Julio Gabriel Ortega, Pedro Valdez Tamayo, William Merchán	113 - 121
VIII	CARACTERÍSTICAS, USOS Y CUIDADOS DE LOS PLAGUICIDAS Calos Castro Piguave, Julio Gabriel Ortega, Májimo Vera Tumbaco, Fernando Ayón Villao	122 - 147
	ANEXOS	148 - 153

Introducción

Marcos Manobanda Guamán y Julio Gabriel Ortega

Dentro de los programas educativos de la Carrera Agropecuaria es indispensable estudiar la Entomología, debido a que éste es un pilar importante dentro de un sistema agrícola productivo. En este libro se introduce la temática de entomología, de tal forma que la información técnica y conceptual de cada uno de los capítulos tengan un sentido lógico para estudiarse, al mostrar que la información científica permite tomar decisiones estratégicas en el manejo de los insectos.

Los insectos causan pérdidas de un 40-48% de la producción mundial de alimentos y en el campo los daños alcanzan hasta un 35%; por otro lado, se estima que dichas pérdidas pueden ser reducidas en un 50%, si se mejoran las tecnologías y estrategias para el control de insectos.

Las buenas estrategias de control de insecto se inician con el estudio de cómo y por qué se originan los insectos, con la finalidad de medir el efecto nocivo que éstas ocasionan. En el primer capítulo: “Generalidades” se define el concepto de insecto, la división de la entomología y su relación con el sector agropecuario. Al finalizar el estudio de dicho capítulo se podrá pensar con mayor claridad el cómo y con qué se puede controlar los insectos, según el tipo de problema que se presente.

En el capítulo I, se hace una breve introducción y definición de los que es la entomología, en el capítulo II se comparte sobre la morfología de los insectos, como factor importante para conocer las partes externas del insecto. En el capítulo III, estudia el desarrollo y metamorfosis de los insectos y de esta manera poder prevenir el ataque de las plagas. El capítulo IV nos permitirá adquirir conocimiento de los principales órdenes de los insectos, para un mejor estudio y control. En el capítulo V, se comparte sobre las técnicas aplicadas de la colecta y conservación de insectos, lo cual nos permitirá concluir con la elaboración de una caja entomológica. En el capítulo VI, se comparte los últimos avances del control biológico de insectos – plaga, para un manejo saludable del cultivo. En el capítulo VII, se hace una breve revisión de las aplicaciones de las matemáticas en la dinámica poblacional de insectos y finalmente en el capítulo VIII, se comparte sobre las características, uso y cuidados de los plaguicidas.

OBJETIVOS

Objetivos de aprendizaje

- Explicar con propiedad el desarrollo de los insectos, mediante la conceptualización de las diferentes regiones.
- Ejemplificar, mediante análisis y discusión, la importancia del estudio de la entomología en la producción agrícola.
- Identificar el ciclo de vida de los insectos, mediante la observación de diferentes especímenes y uso de láminas.
- Identificar correctamente los factores bioecológicos que influyen en el comportamiento de los insectos que afectan a los cultivos agrícolas, a través del análisis de información y de la observación en el campo.

Objetivos específicos

1. Explicar correctamente los conceptos utilizados en el estudio de la entomología.
2. Analizar con certeza la morfología de los insectos.
3. Analizar con sentido reflexivo las características de las etapas del ciclo biológico de los insectos.
4. Identificar correctamente los diferentes órdenes de los insectos.
5. Definir con propiedad los mecanismos de colecta y conservación de los insectos.
6. Conocer los principales microorganismos controladores de plagas.
7. Comprender los modelos matemáticos que describen las plagas.
8. Conocer sobre las características, usos y cuidados de los plaguicidas.

Recomendaciones generales

- Para iniciar el estudio del módulo se debe estar claro que siempre la dedicación y esfuerzo permitirá adquirir la competencia que exige la unidad modular.
- Al comenzar un tema se deben leer detenidamente y comprender los objetivos y actividades de aprendizaje, así como las propuestas y orientaciones especiales.
- Tratar de comprender las ideas y analizarlas detenidamente para responder objetivamente a los ejercicios de auto-evaluación.
- Cuando se necesite una aclaración siempre se debe consultar al docente.
- Amplíe los conocimientos con la bibliografía indicada, u otros textos relacionados que estén a su alcance.
- A medida que se avance en el estudio de los temas, se debe recopilar las inquietudes o dudas para solicitar las aclaraciones durante las sesiones de clases.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES



GENERALIDADES

Marcos Manobanda Guamán, Julio Gabriel Ortega

Resumen

La entomología es una ciencia muy amplia que se dedica al estudio de los insectos, de ahí que fue dividida en entomología general y aplicada. Los insectos pertenecen al phylum artrópoda. Los insectos comprenden el grupo animal más numeroso de la tierra, y alcanzan en su mayoría especies terrestres, aunque algunas se adaptaron a la vida acuática. Existen aproximadamente 900 mil especies clasificadas. En este capítulo se hace una descripción del origen y la evolución de los insectos y las características generales de estos. Asimismo, se hace un análisis de la importancia de los insectos como polinizadores, en los productos comerciales, como descomponedores de la materia orgánica, en el control de malezas, en la alimentación, la medicina, la investigación científica y los efectos de pérdidas que causa en la agricultura.

Palabras clave: Entomología, ecología, zoología, insectos, artrópodos.

1. ENTOMOLOGÍA

Etimológicamente la palabra “Entomología”, deriva de las voces griegas:

- *Entomos*: insecto
- *Logos*: ciencia

Entonces la entomología puede ser definida como “**la ciencia que se dedica el estudio o tratado de los insectos**”, su importancia, su filogenia, su clasificación, su morfología, su anatomía, su ecología, etc.

La entomología como parte de la Zoología, se divide en dos ramas: la entomología general y la entomología aplicada. El presente documento trata ambos tipos de entomología.

1.1. ENTOMOLOGÍA GENERAL

Comprende el estudio del insecto, como un individuo. Los insectos son los animales más exitosos del planeta. Si comparamos los números de los insectos con los de los humanos, los insectos no superan el número de 200 millones a 1. Como promedio se encuentra alrededor de 100 millones de insectos por hectáreas. Traducido en biomasa los insectos ocupan una biomasa de 448 kg/ha, mientras la biomasa de humanos se calcula a solo 16 kg/ha. Solo las hormigas de los bosques de amazonia tienen una relación de biomasa de 4:1 con todos los vertebrados del planeta.

1.2. ENTOMOLOGÍA APLICADA

Es el estudio de los insectos de manera práctica en relación a otras ramas científicas.

1.2.1. Entomología agrícola: Estudia los insectos dañinos (plagas) y los insectos benéficos (controladores biológicos) presentes en un cultivo agrícola.

1.2.2. Entomología forestal: Comprende el estudio de la fauna entomológica de un bosque. Los conocimientos adquiridos permitirán una evaluación del ecosistema, la biodiversidad y la calidad de la salud ambiental del entorno.

1.2.3. Entomología forense: Es la ciencia que estudia los insectos asociados al proceso de descomposición cadavérica, lo que la convierte en una herramienta útil para esclarecer incógnitas que rodean a los cadáveres encontrados en circunstancias particulares.

1.2.4. Entomología médica: Es el estudio de los daños producidos por los insectos a los seres humanos por la transmisión de las enfermedades.

1.3. RAMAS RELACIONADAS CON LA ENTOMOLOGÍA

Morfología o Anatomía: Es el estudio de la morfología externa e interna de los insectos.

Fisiología: es el estudio de la fisiología, el funcionamiento de los sistemas internos, de los insectos.

Taxonomía y Sistemática: es el estudio de los órdenes y familias de los insectos. Según el sistema de la sistemática se ordenan los insectos por su relación parental dentro del sistema de los animales.

Apicultura: es el estudio de las abejas.

Control Biológico: Es el estudio de los enemigos naturales de plagas agrícolas, forestales, médicas o veterinarias.

Toxicología: es el estudio de la toxicidad de los productos químicos usados en el control de plagas agrícolas, forestales, médicas o veterinarias y también su efecto sobre el humano.

1.4. REINO ANIMALIA

En la clasificación científica de los seres vivos, el reino Animalia (animales) o Metazoa (metazoos) constituye un amplio grupo de organismos eucariotas, heterótrofos, pluricelulares y tisulares. Se caracterizan por su capacidad para la locomoción, por la ausencia de clorofila y de pared en sus células, y por su desarrollo embrionario, que atraviesa una fase de blástula y determina un plan corporal fijo (aunque muchas especies pueden sufrir posteriormente metamorfosis). Los animales forman un grupo natural estrechamente emparentado con los hongos y las plantas. Animalia es uno de los cinco reinos de la naturaleza, y a él pertenece el ser humano.

1.4.1. FILOS DEL REINO ANIMAL

El reino animal se subdivide en una serie de grandes grupos denominados filos (el equivalente a las divisiones del reino vegetal); cada uno responde a un tipo de organización bien definido, aunque hay algunos de afiliación controvertida.

El ser humano se encuentra dentro del filo de los cordados. Mientras que el filo de interés para el estudio de los insectos son el de los Artrópodos.

1.4.2. PHYLUM ARTHROPODA

La palabra **artrópodo** quiere decir **con patas articuladas**. Constituye uno de los grupos animales de mayor éxito evolutivo y con mayor número de especies, caracterizado por su esqueleto externo articulado, de naturaleza quitinosa y por los ojos compuestos. Presentan segmentación superficial y los sexos generalmente están separados.

Los artrópodos forman aproximadamente el 80 % del total de especies animales del planeta. Pertenecen a este filo los arácnidos, insectos (Figura 1.1), crustáceos, miriápodos y otras formas menos conocidas, así como especies extintas (fósiles).

El éxito evolutivo de las especies se debe principalmente a la capacidad adaptativa a todos los ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos. Además de ello la capacidad

profundidades, tanto en el medio marino, salobre y de agua dulce; unos pocos colonizaron el medio terrestre, como la cochinilla de la humedad (isópodos). Los crustáceos son uno de los grupos zoológicos con mayor éxito biológico, tanto por el número de especies vivientes como por la diversidad de hábitats que colonizan; dominan los mares, como los insectos dominan la tierra.

Como característica propia y definitoria del grupo podemos citar la presencia de larva nauplio provista de un ojo naupliano en alguna etapa de su vida, que puede ser sustituido más tarde por dos ojos compuestos. Son los únicos artrópodos con dos pares de antenas, tienen al menos un par de maxilas y pasan por períodos de muda e intermuda para poder crecer. Todos excepto Cirripedia son de sexos separados.

1.4.2.3. MYRIAPODA

Son un subfilo de artrópodos mandibulados, similares a los insectos en algunos aspectos, pero con muchos caracteres que los diferencian de éstos (Figura 1.3). Comprenden cuatro grupos bien diferenciados, los ciempiés, milpiés, paurópodos, y sínfilos, todos terrestres; se han descrito más de 16.000 especies. Todos tienen en común un cuerpo compuesto por dos regiones, cabeza y tronco, éste es largo y está formado por muchos segmentos y multitud de pares de patas. En la clase Chilopoda (Ciempiés), el par de patas más cercano a la cabeza está modificado y hace las funciones agujones inoculadores de veneno. Los cuatro grupos también exhiben diferencias marcadas en aspectos tales como la alimentación, por ejemplo, dándose el caso de especies predadoras (clase Chilopoda) y otras de hábitos detritívoros (clase Diplopoda).



Figura 1.3. *Ommatoiulus rutilans* un Myriapodo perteneciente a la Clase Diplopoda (Milpiés). Obtenido del Internet.

1.4.2.4. CHELICERATA

Constituyen un subfilo de los Artrópodos (Figura 1.4). Se diferencian de los demás artrópodos, entre otras características, por carecer de antenas. Los arácnidos son el grupo predominante de quelicerados actuales. Incluye unas 70 mil especies. Son, junto con los insectos y los vertebrados amniotas, los animales que mejor se han adaptado a tierra firme. Destacan las arañas, que representan más de la mitad de las especies (unas 38 mil) y los ácaros, con 30 mil; también encontramos los escorpiones, temibles por su picadura, y los opiliones, parecidos a arañas de patas muy delgadas y largas; otros grupos con menos especies son los solífugos, los vinagrillos y los amblipigios, todos ellos inofensivos a pesar de su aspecto agresivo.

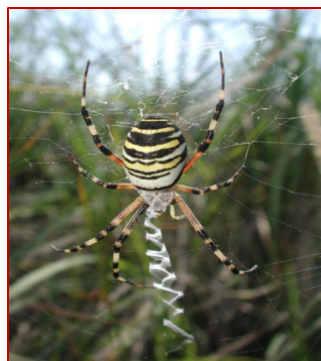


Figura 1.4. *Argiope bruennichi* un Chelicerado incluido dentro de la Clase Arachnida. Obtenido del internet.

1.5. BIOLOGIA DE LOS INSECTOS

Los insectos, comprenden el grupo animal más numeroso de la tierra, y alcanzan en su mayoría especies terrestres aunque algunas se adaptaron a la vida acuática. Existen aproximadamente 900 mil especies clasificadas. La gran diversidad de este grupo de animales se debe a que presentan:

- **Exoesqueleto:** Es muy importante por varias razones: posee una elevada resistencia, con zonas de gran rigidez y otras muy flexibles; es el principal

sistema de protección mecánica con que cuentan los insectos frente al medio exterior; permite regular el flujo de agua del insecto, evitando pérdidas excesivas de agua; sirve como punto de anclaje a músculos y vísceras. Presentan una cubierta quitinosa.

- **Talla pequeña:** Los insectos más pequeños (algunos himenópteros parasitoides) llegan a tener del orden de 0,2 mm, y los más grandes (algunas mariposas y coleópteros) alcanzan tallas del orden de 10-12 cm. Entre estos extremos están la mayoría de los insectos. Estos tamaños tienen algunas ventajas: es más fácil ocultarse, se tienen menos necesidades alimenticias, más individuos pueden ocupar un mismo hábitat; aunque también existen inconvenientes: los insectos tienen una relación superficie/volumen muy alta, lo que implica que tamaños pequeños tienen más probabilidad de pérdida de agua, que tienen que evitar con diferentes medios.
- **Capacidad para el vuelo:** Junto con las aves, los insectos son el único grupo de animales que pueden volar de forma más o menos voluntaria. Esto les da gran movilidad para explorar nuevos territorios, colonizarlos, buscar alimento, aparearse, o escapar de sus enemigos.
- **Adaptabilidad estructural:** Ningún otro grupo de animales dispone de tan amplia gama de adaptaciones al medio, que les permite colonizar desde los Polos hasta el Ecuador, alimentándose de casi cualquier sustancia, exceptuando el medio marino. Estas adaptaciones se reflejan en la gran cantidad de estructuras corporales que tienen diferentes fines, dirigidas todas a la supervivencia. Valgan como ejemplo los diferentes aparatos bucales, patas o alas que se encuentran en los insectos.
- **Alta capacidad reproductiva:** Los insectos pueden llegar a depositar desde algunas docenas hasta cientos y a veces varios miles de huevos por hembra. Teniendo en cuenta que el ciclo biológico de los insectos puede ser muy corto (algunas pocas semanas en los casos más favorables), pueden tener bastantes generaciones al año. Esto explica las explosiones demográficas que pueden tener algunas especies, su importancia como plagas, y su capacidad para adaptarse a condiciones cambiantes.
- **Metamorfosis completa.** Este tipo de ciclo vital más evolucionado de algunos insectos implica la existencia de estados larvarios inmaduros y de adultos alados y sexualmente maduros, con una fase intermedia llamada pupa. Tiene la ventaja de que los estados inmaduro y adulto no compiten por el alimento y ocupan diferentes nichos ecológicos. El primero se dedica a la alimentación y el segundo a la reproducción y dispersión. Además, la pupa es más resistente frente a condiciones desfavorables. La importancia de este tipo de metamorfosis se aprecia en que los insectos que la poseen son diez veces más abundantes que los insectos con modelos de desarrollo más sencillos.
- **Primeros colonizadores de tierra firme:** Los artrópodos (y entre ellos los insectos) fueron de los primeros seres vivos en colonizar la tierra firme, junto a las plantas, durante la era Paleozoica, hace unos 400 millones de años. Esto les permitió colonizar y adaptarse casi todos los nichos sin apenas competencia con otros animales, co-evolucionado con las plantas, su principal fuente de alimento.

1.6. ORIGEN Y EVOLUCION DE LOS INSECTOS

Evidencias como los fósiles, ciclos de vida y estructuras de las agallas, ponen en manifiesto que los insectos tuvieron un origen terrestre. Se considera que los insectos se originaron de un grupo de miriápodos o de un prototipo de miriápodo en el Devoniano. La diferencia en el movimiento de las mandíbulas de los miriápodos y de los insectos se puede concluir que ambos grupos tuvieron un ancestro común.

Existen cuatro fases claves en la evolución de los insectos:

Primera fase: es la aparición del insecto primitivo, sin alas. Algo similar *Archeognatha* y *Thysanura* (insectos *apterigotas*, primitivos, sin alas y casi sin ninguna metamorfosis). Este suceso debió ser antes del Devoniano (Siluriano). Donde se puede considerar como ancestro a un protomiriápodo.

Segunda fase: es un paso importante y tuvo lugar en el carbonífero. Es la etapa en la que se desarrollan las alas (insectos *Pterigotas*). Los insectos fueron los primeros animales en desarrollar las alas y por ende los primeros en utilizar el ambiente aéreo, unos 50 millones de años antes que los reptiles y las aves. Los primeros insectos con alas, tenían alas que se extendían a los lados del cuerpo, pero que no podían ser dobladas sobre este (alas primitivas). Estos insectos denominados *paleopterus* fueron el grupo dominante durante el Carbonífero y Permiano.

Tercera fase: se dio durante la parte alta del Carbonífero. En esta etapa se desarrolló la capacidad de doblar las alas sobre el abdomen, dando paso a la condición *neóptera*. Esta condición permite a los insectos escapar de los depredadores y esconderse. La aparición de esta característica es la que catapultó la evolución de los insectos que hoy en día conocemos. Los insectos con esta característica componen el 90% de las órdenes y el 97% de las especies vivientes.

Cuarta fase: abarca el desarrollo de la metamorfosis completa. Se dio antes de la etapa alta del Carbonífero. El desarrollo de la metamorfosis completa permitió el aprovechamiento de aspectos habituales diferentes. Por ejemplo un insecto que durante su etapa larval habita en el ambiente acuático puede aprovechar los nutrientes presentes en ella, y al pasar su vida adulta en el ambiente aéreo-terrestre le permite la capacidad de aumentar y localizar pareja.

1.7. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS INSECTOS

Las características generales que nos permiten diferenciar a este grupo de animales del resto son:

- **Cabeza, tórax y abdomen diferenciados.** La cabeza generalmente con un par de antenas; piezas bucales masticadoras, chupadoras o lamedoras. **Tórax** con tres pares de patas articulas, 2 pares de alas. **Abdomen** con 11 o menos somitos, segmentos terminales modificadas a genitales.
- **Tubo digestivo** formado por un intestino, anterior, medio y posterior.
- **Boca** con glándulas salivales.
- **Corazón** alargado, con aorta anterior y ostiolos laterales.
- **Respiración** por tráqueas ramificadas y tapizadas por una cutícula. Algunas especies acuáticas con branquias traqueales y sanguíneas.
- **Excreción** por dos o muchos tubos de Malpighi.
- **Sistema nervioso** formado por ganglios supra en infra esofágicos que se comunican por un doble cordón ventral.

- **Presentan ojos** simples o compuestos.
- **Tiene quimiorreceptores** para el olfato en las antenas y para el gusto alrededor de la boca.
- **Algunos** disponen de órganos para emitir y recibir sonidos.
- **Sexos** separados.
- **Desarrollo** con varias mudas y directas, o con varias fases ninfales y metamorfosis gradual, o con varias fases larvarias, una pupa y metamorfosis completa, en algunas especies por partenogénesis.

1.8. IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS

1.8.1. BENEFICIOS EN LA POLINIZACIÓN

La reproducción sexual de las plantas es posible gracias a la polinización. Pocas plantas se polinizan a sí mismas, pero para la gran mayoría, el proceso es a través del movimiento del polen de una flor al estigma de otra. La transferencia del polen de una flor a otra puede ocurrir de dos maneras: por la acción del viento y por los insectos (Figura 1.5). Las flores que son polinizadas por los insectos producen pequeñas cantidades de polen, usualmente pegajoso que facilita que se adhiera al cuerpo de los insectos al visitar la flor. Este polen posteriormente fertiliza a otra flor, debido a los vuelos que realizan los insectos entre ellas.



Figura 1.5. Polinización por abejas. Obtenido del internet

Existen muchos cultivos que dependen de la polinización por los insectos para poder producir el producto comercial que necesita el hombre, entre estas tenemos las cítricas, fresa, melón, pepino, berenjena, tabaco, algodón, cacao, mango y muchos tipos de flores de uso comercial. De todos los insectos, las especies que están más involucradas en este proceso son las abejas y los abejorros.

1.8.2. PRODUCTOS COMERCIALES

Miel y Cera: La producción de miel es considerada una industria bastante antigua, en la cual utilizan a las abejas para la obtención de esos productos. La miel es usada extensivamente como alimento y en la manufactura de varios productos. La cera es usada por la industria para la fabricación de velas, ciertos tipos de tintas, senadores, etc.



Figura 1.6. Producción de seda por larvas de *Bombyx mori* de la Clase Arachnida. Obtenido del internet.

Seda: La industria de la seda es también muy antigua, originándose aproximadamente 2.500 años A.C. La cría de los gusanos de seda y el proceso industrial de la seda es realizada principalmente en los países orientales. Para ello utilizan varias especies de gusano de seda, sin embargo, la más importante es *Bombyx mori* (Figura 1.6).

Existen otros productos derivados de los insectos que son explotados comercialmente por el hombre, entre éstos se tienen a las lacas, colorantes y otros materiales. Los insectos involucrados son normalmente las escamas, *Laccifer lacca*, *Dactylopius coccus* (Figura 1.7) y *Opuntia cacti*.

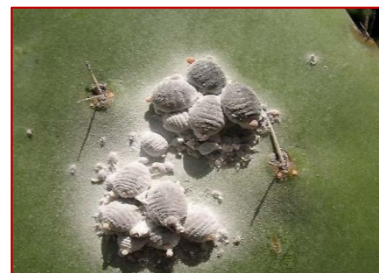


Figura 1.7. *Dactylopius coccus*.
Obtenido del internet.

1.8.3. INSECTOS ENTOMÓFAGOS

Los insectos tienen una tremenda capacidad de reproducción, por lo que pueden incrementar sus poblaciones a niveles realmente alarmantes. Sin embargo, ellos raramente lo logran debido principalmente a que sus poblaciones están reguladas por factores abióticos y bióticos. Dentro de estos últimos están las especies que se alimentan de insectos a los cuales se les llama enemigos naturales o insectos entomófagos.

Los insectos entomófagos pueden ser parásitos o depredadores y la diferencia entre ambas es notoria ya que generalmente los depredadores se alimentan de insectos más pequeños, usualmente necesitan más de un hospedero para cumplir con sus requerimientos alimenticios, son de vida libre y matan al hospedero inmediatamente; por el contrario los parásitos viven dentro o sobre el hospedero, necesitan de uno solo para cumplir con sus requerimientos alimenticios, no lo matan inmediatamente y son más pequeños que el hospedero. Los insectos depredadores pertenecen a varios órdenes siendo los más comunes: Coleóptero, Hemíptera, Neuróptera, Díptera e Himenóptera. En caso de los insectos parásitos, los más comunes pertenecen a los órdenes Díptera e Himenóptera.

Mayores detalles sobre el avance de los conocimientos sobre los entomopatógenos son discutidos ampliamente en el capítulo VI de este libro.

1.8.4. EN LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

Estos son individuos que se alimentan de plantas o animales en descomposición. Tales especies ayudan a convertir estos materiales en elementos más simples que retornan al suelo y son posteriormente disponibles por las plantas. Insectos tales como los comejenes, coleópteros taladradores de tallos y otros son importantes en la incorporación de plantas muertas al suelo. Coleópteros de la familia Scarabaeidae, Histeridae, Dermestidae y Trogidae y dípteros de la familia Cailiphoridae y Sarcophagidae.

1.8.5. EN EL CONTROL DE MALEZAS

Normalmente una proporción alta de insectos se alimenta de plantas, situación que puede ser beneficiosa si destruyen malezas u otras plantas que se consideren no deseables. Cuando una maleza es introducida a un país, ésta normalmente se dispersa rápidamente convirtiéndose en una plaga de importancia; en algunos casos, insectos que se alimentan de esa planta, son introducidos para que ayuden al control de ella.

1.8.6. EN LA ALIMENTACIÓN

Existe una gran cantidad de vertebrados, especialmente aves y peces que tienen una dieta que se basa fundamentalmente en insectos. Por lo tanto éstos son de extrema importancia para su supervivencia.

Los insectos también se utilizan como alimento para los humanos. Los árabes comen langostas (*Acrididae*); ciertos nativos de África comen hormigas, comejenes, larvas de

Coleóptero y Lepidóptera. En México, consumen los gusanos de maguey, los cuales son considerados como una delicia y tienen una alta demanda en el mercado.

1.8.7. EN LA MEDICINA

El hombre por mucho tiempo utilizó los insectos o sus productos como agentes terapéuticos. Cantaridina, producto obtenido del cuerpo de las cantáridas (Coleóptero), fue usado en el tratamiento de ciertas condiciones del sistema urogenital. El veneno de las abejas fue utilizado en el tratamiento de la artritis. Uno de los usos más importantes de los insectos en la medicina fue el de las larvas saprófagas (Dípteras) en el tratamiento de tejidos humanos muertos. Las larvas son criadas en condiciones asépticas, para evitar infecciones adicionales y luego son colocadas en los tejidos del paciente, con el resultado de una cura efectiva de la herida. Las investigaciones demostraron que la excreción de alantoína por la larva, produce el efecto curativo en el tratamiento del paciente.

1.8.8. EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Los procesos de la herencia, variación y evolución son similares en los animales, y debido a que los insectos tienen un ciclo de vida corto, son utilizados frecuentemente en los estudios científicos de esos procesos. La mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), fue usada intensivamente en estudios de genética. Muchos de los conocimientos que se tienen hoy en día, de los principios de la herencia, se deben a las investigaciones realizadas con estas moscas.

Los insectos, como animales experimentales, fueron usados en estudios de comportamiento y reacciones a determinados factores cismáticos, tales como la temperatura y la humedad. Las poblaciones de insectos son frecuentemente utilizadas como índices en estudios ecológicos. El índice de contaminación de lagos y ríos se puede determinar de acuerdo al tipo y abundancia de la vida insectil presente.

1.9. PERJUICIOS

1.9.1. POR LA DISMINUCIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA

Este tipo de daño ocurre cuando las plagas se alimentan de aquellas partes de la planta que no constituyen el producto a cosechar, y aunque disminuyen el vigor, la misma no llega a morir.

1.9.1.1. Reducción del área fotosintética

Defoliación directa: Como es el consumo de área foliar por insectos que tienen aparato bucal masticador. Este daño se puede presentar en varias formas y grados. Entre las cuales tenemos:

- Huecos irregulares en la lámina foliar, pudiendo manifestarse desde unos pocos huecos hasta el consumo total de la hoja. Daño típico producido por larvas del **Orden Lepidóptera**.
- Perforaciones más o menos circulares en la hoja. Los huecos en las hojas se presentan en forma circular. Daño típico de los adultos de los coquitos perforadoras del **Orden Coleóptero (Familia Chrysomelidae)**.
- Cortes semicirculares en la hoja. Es un daño producido por masticadores, los cuales cortan la lámina foliar, utilizando sus mandíbulas como si fueran tijeras.

- Cortes irregulares en el borde de la hoja. El daño producido normalmente por adultos **coleópteros** de la familia Curculionidae al alimentarse por el borde de la hoja.
- Minas. Producidas por las larvas al penetrar el tejido de la hoja que al ser consumido, la lámina foliar queda traslucida. Las minas pueden ser en forma de serpentina, lineales, trompeta, redondeada, etc. Daño que puede ser producido por larvas de **dípteros, lepidópteros y coleópteros**.
- Esqueletización. Roído que producen en la superficie de la lámina foliar.

Disminución de la capacidad fotosintética: Es un daño producido por insectos con aparato bucal perforador- chupador (**Hemíptera, Homóptera**) y raspador – chupador (**Thysanoptera**). Los daños se manifiestan como clorosis, plateados, moteados, bronceados producto de la succión de la savia presente en la hoja. Si la densidad de los insectos es muy alta, los daños se pueden manifestar también como deformaciones y/o achaparramientos. Secreciones salivales de insectos perforador - chupador pueden tener un efecto tóxico en las hojas que pueden posteriormente tomar un aspecto de quemado.

1.9.1.2. Agallas

Crecimientos anormales en las hojas, tallos, raíces y otras partes del vegetal encontrándose usualmente el causante de la lesión dentro de dichas estructuras. Puede ser causada por insectos, ácaros y nematodos. Un ejemplo típico y común es el del mosquito de las agallas de la yuca, *Iatrophobia brasiliensis* (**Díptera: Cecidomyiidae**) (Figura 1.8).



Figura 1.8. Agallas producidas en hoja de yuca por *Iatrophobia brasiliensis*. Obtenido del internet.

1.9.1.3. Destrucción de yemas y puntos de crecimiento

El daño normalmente causa la muerte de dichas partes o su proliferación. Ejemplos importantes son, *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidóptera: Gelechiidae) causa la muerte de las yemas terminales de la caña de azúcar (Figura 1.9); *Lonchaea chalybea* (Díptera: Lonchaeidae) causa la muerte de las yemas terminales e induce la proliferación de las yemas laterales.



Figura 1.9. Destrucción de yemas de una planta por la larva de *Elasmopalpus lignosellus*. Obtenido del internet.

1.9.1.4. Taladradores de tallos, ramas, pecíolos, órganos florales y frutos

Los insectos taladran y se introducen en su interior, al consumir los tejidos vegetales crean túneles que dificultan el flujo normal de la savia y además facilitan el rompimiento y caída del área afectada por acción del viento. El taladrador de la caña de azúcar, *Diatraea spp.* (**Lepidóptera**: Pyralidae) (Figura 1.10), el gorgojo cigarrón del cocotero, *Rhyncophorus palmarum* (**Coleóptero**: Curculionidae) sus larvas producen grandes galerías en el tallo.



Figura 1.10. Daños producidos en mazorca de maíz por la larva de *Diatraea saccharalis*. Obtenido del internet.

La ovoposición endofítica de ciertos **Homópteros** como la chicharrita del maíz, *Peregrinus maydis* y el carapachito mariposa de la guanábana, *Membrasis foliata* se considera como daño de taladrador en nervaduras de la hoja y ramas.

1.9.1.5. Daños al sistema radicular

Los insectos viven y se alimentan de esos órganos vegetales produciendo deformaciones, ramificaciones, lesiones que debilitan en forma general a la planta. Tenemos al áfido de las raíces de la papa (*Rhopalosiphum rufiabdominalis*) y el nematodo formador de nódulos en las raíces del tomate y otros cultivos (*Meloidogyne spp.*).

1.9.2. PERDIDA DE LA PLANTA

Las plagas pueden matar a las plantas con su ataque dejando espacios vacíos en el cultivo este tipo de daño es común en plantas recién germinadas, las cuales son cortadas y comidas por varios tipos de insectos como son los perros de agua (Orthoptera: Gryllotalpidae y gusanos cortadores como *Feitía spp.*, *Agrotis spp.* y *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) (Figura 1.11). Ciertos tipos de insectos le pueden causar la muerte a plantas adultas, al atacar el cogollo o yema terminal.



Figura 1.11. Daños producidos en el ápice de planta de maíz por la larva de *Spodoptera frugiperda*. Obtenido del internet.

1.9.3. TRANSMISIÓN DE PATÓGENOS

Muchas especies de insectos son transmisoras de enfermedades, y la gran mayoría pertenece al orden Homóptera. La transmisión puede ser de dos maneras, la primera donde el patógeno está en el cuerpo del insecto o en la superficie de la planta y éste penetra por las heridas que ocasiona al alimentarse del hospedero, y la segunda el insecto es un estado esencial en la transmisión del patógeno, en su ausencia la enfermedad no puede ser transmitida.

Los áfidos son en su gran mayoría responsables de este tipo de daño, siendo uno de los más comunes el *Myzus persicae* (**Homóptera**: Aphididae) el cual es capaz de transmitir una gran variedad de virus en diferentes cultivos.

1.9.4. DAÑO DIRECTO

Este tipo de daños se caracteriza porque el insecto daña la parte que es utilizada por el hombre. En este caso se tienen diversos ejemplos como son daños a los frutos, producto de la alimentación de las larvas en su interior (Moscas de las frutas, *Anastrepha spp.*), semillas, debido al consumo de ellas (Perico cara sucia, *Aratinga pertinax*), follaje, por los numerosos agujeros en el mismo, lo cual resta valor económico al producto (Cachudo del tabaco, *Manduca sexta*), raíces, en las que las perforaciones y galerías ocasionan la pérdida comercial (Gorgojo de la batata, *Cylas formkarius*) y tubérculos debido a un daño similar (Polilla de la papa, *Tecia solanivora*) (Figura 1.12). Existen otras modalidades de daño directo (Contaminación y



Figura 1.12. Daños producidos en tubérculo de papa por la larva de *Tecia solanivora*. Obtenido del internet.

Estético) en las que el producto no es dañado, pero que por la presencia de productos o restos de los insectos ocasionan una baja en la calidad del producto, no así en su valor nutricional. Este daño depende fundamentalmente del consumidor, ya que es el que decide la aceptación o no de esos restos o productos de insectos. Estos pueden ser pelos, heces, partes de insectos, etc., presentes en productos ya comercializados. Frutos cubiertos por el desarrollo de la fumagina debido a las secreciones azucaradas producidas por los áfidos.

Por último, la destrucción de granos y productos almacenados en la que el daño se produce cuando el producto va a ser comercializado. Normalmente se inicia en los grandes almacenes continuando en la cadena de distribuidores y consumidores. El daño es producido por una gran variedad de insectos en su mayoría del orden Coleóptero donde el ataque puede ser en los productos de origen animal o vegetal.

1.10. REFERENCIAS

Borror DJ, De Long DM, Triplehorn CA (2005) An introduction to the study of insects. Quinta edición. Saunders College Publishing. Philadelphia, USA. 928 p.

Gallo D (ed.) (1978) Manual de Entomología Agrícola Editorial Agroeconómica Ceres Ltda. Sao Paulo. 531 p.

Rogg HW (2000) Manual de Entomología Agrícola de Ecuador. Ediciones ABYAYALA, Quito, Ecuador. ISBN: 9978-41-358-8. 712p. Disponible en file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/xdoc.es_manual-de-entomologia-del-ecuador--pdf-free.pdf

Lastres L, Argüello H (2008) Identificando Insectos Importantes en la Agricultura: Un enfoque popular. 2da ed. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central PROMIPAC, ZAMORANO, COSUDE. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 90p. Disponible en <https://es.calameo.com/read/005341618dd242ca363ad>

Metcalf CI, Flint W., Met RF (1979). Insectos destructivos e insectos útiles Compañía Editorial Continental S.A. México.

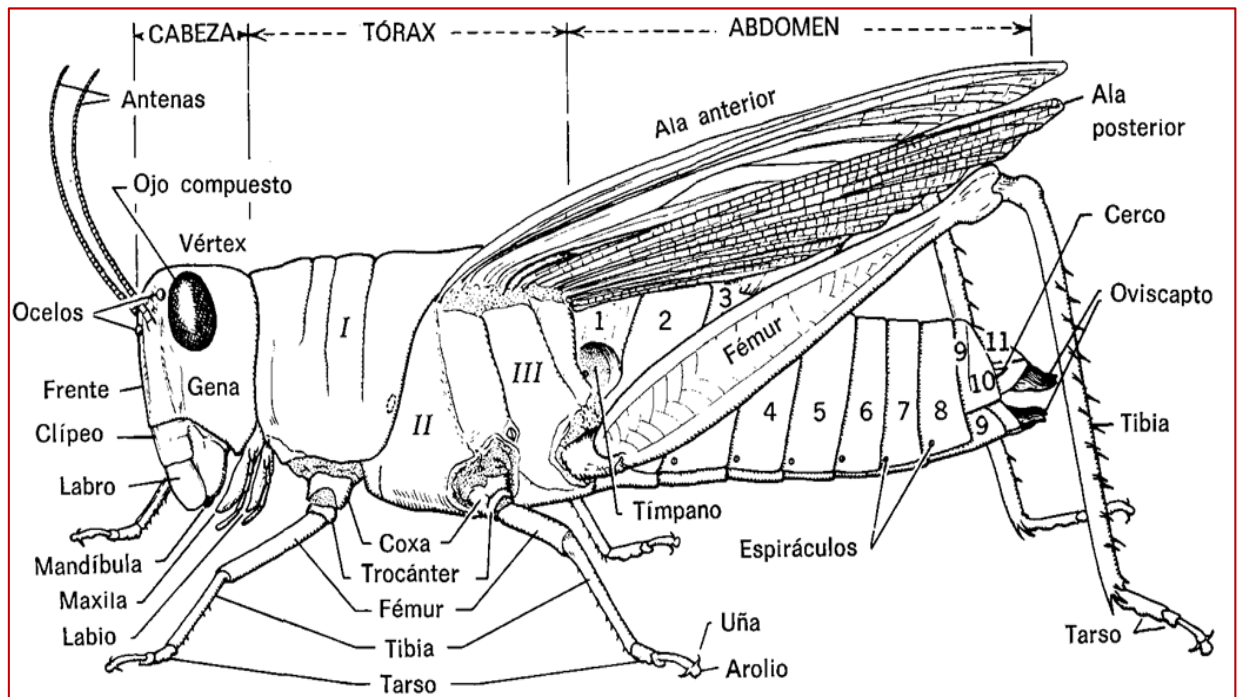
Ross HH (1973) Introducción a la Entomología General y Aplicada. Ediciones Omega, Barcelona.

Zumbado MA, Azofeifa D (2018) Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. Disponible en <file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/insectosimpagri-web.pdf>

CAPÍTULO II

MORFOLOGÍA DE LOS

INSECTOS



MORFOLOGÍA DE LOS INSECTOS

Carlos Castro Piguave, Marcos Manobanda Guamán,
Washington Narváez Campana

Resumen

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la morfología de los insectos, la composición de cada uno de los órganos que la componen, las funciones que cumplen. Se describe de manera detallada la cabeza, las antenas, los ojos, el aparato bucal, los hábitos alimenticios de los insectos, el tórax, las patas y sus modificaciones evolutivas, las alas y el abdomen.

Palabras clave: Cabeza, antenas, ojos, aparato bucal, tórax, pata, alas, abdomen.

2.1. INTRODUCCION

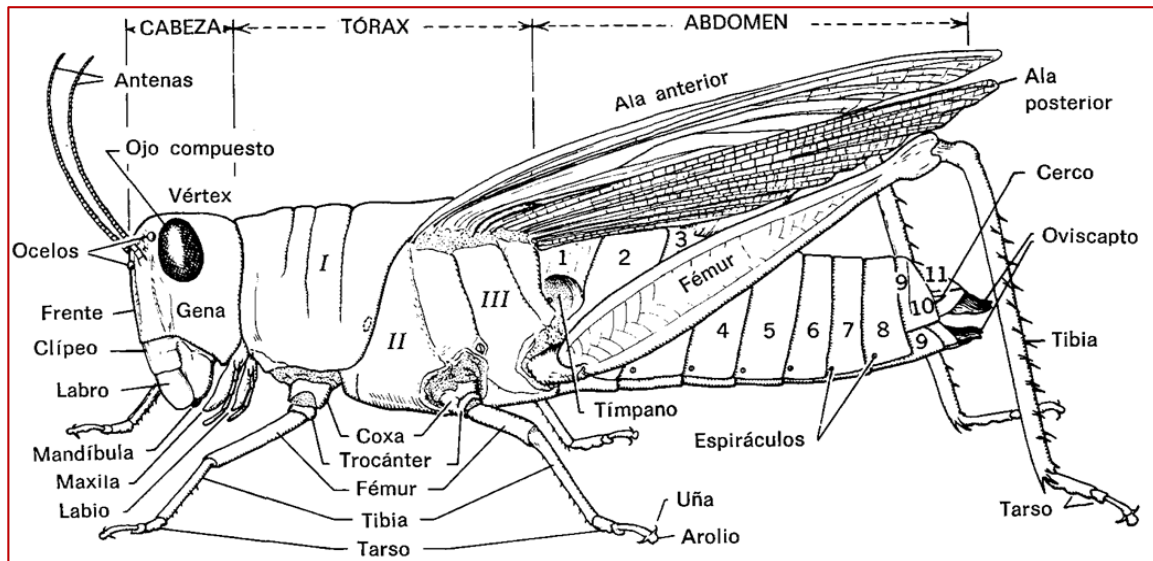
Como se dijo anteriormente el cuerpo de un insecto está dividido en tres partes: cabeza, tórax y abdomen.

La Cabeza: Está formada por los seis primeros segmentos, aunque no se aprecian porque se fusionaron en el transcurso de la evolución. En la cabeza se realizan las actividades de ingestión de los alimentos, con el aparato bucal, y sensorial, con los ojos y ocelos, las antenas y palpos. Dentro de la cabeza se encuentra el cerebro, principal centro nervioso de los insectos. Apéndices articulados son las antenas y las piezas bucales (Figura 2.1.).

El Tórax: Consta de tres segmentos, que suelen estar bien diferenciados. El tórax está especializado en el desplazamiento. En cada segmento hay un par de patas articuladas, lo cual hace que los insectos tengan tres pares de patas. En la mayoría de los adultos, el segundo y tercer segmento torácico tienen un par de alas, aunque puede verse reducido a un sólo par, y a veces no tener alas (Figura 2.1).

El Abdomen: Originalmente posee 11 segmentos, aunque en muchos insectos redujo a 8 ó 9 (Figura 2.1). En su interior se encuentran diferentes órganos que forman parte especialmente del aparato reproductor, digestivo y de excreción. En la parte final pueden encontrarse algunos apéndices articulados de carácter sensorial (los cercos) o relacionados con la reproducción (la genitalia externa).

Figura 2.1. Morfología externa de un saltamontes. I-III segmentos del tórax y 1-11 segmentos del abdomen. Obtenido del internet.



El exoesqueleto, ectoesqueleto o tegumento es la pared exterior del insecto, que a menudo es endurecida en ciertas zonas y en otras membranosas o elástica. El exoesqueleto está formado por varias capas que se adhieren unas a otras de manera continua de adentro hacia fuera, estas capas son: la membrana basal, la epidermis y la cutícula (Figura 2.1).

a. La membrana basal

Es la capa no celular (muerta), granular, amorfa, delgada, de hasta $0,5 \mu\text{m}$ de espesor, sobre esta descansa la epidermis. Es una capa continua formada por mucopolisacáridos. A través de ella se produce el transporte de sustancias desde la hemolinfa hacia la epidermis y las glándulas incluidas en el tegumento (Figura 2.2).

b. La epidermis

Es una capa de células procedentes del ectodermo embrionario, que siguen conservando un gran potencial de funcionalidad. Está formada por una sola capa de células, siempre en contacto con la cutícula, y algunas se especializan en glándulas, o a veces en órganos sensoriales, conectándose entonces con el sistema nervioso. La forma y estructura de las células de la epidermis se modifica en función de períodos de actividad y descanso en la muda e intermudas, regulada por diversas hormonas. Su función es la de formar la cutícula, con todas sus capas y componentes.

c. La cutícula

Es la capa pluriestratificada segregada por la epidermis, revistiendo de forma continua la superficie del insecto y ciertas partes internas del cuerpo. Es lo que se denomina también

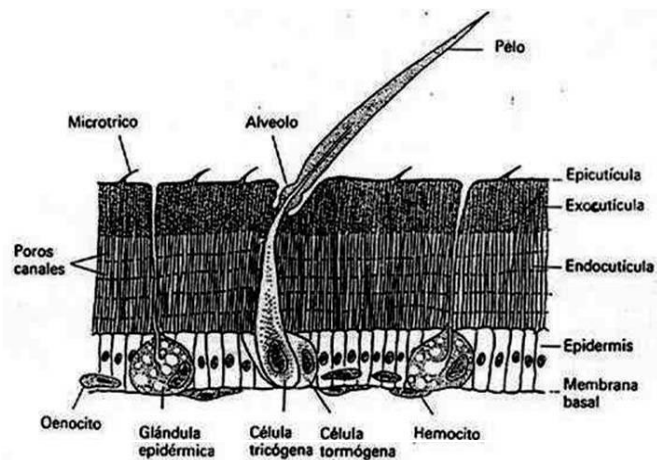


Figura 2.2. Tegumento de los insectos. Obtenido del internet.

como exoesqueleto, atendiendo más a su función que a su estructura. El grosor, la estructura y las propiedades de la cutícula no son uniformes; lo normal en la mayoría de estados inmaduros y adulto es que determinadas zonas de la cutícula experimenten un endurecimiento (esclerotización), formando placas (escleritos) más o menos rígidos y fuertes, mientras otras sigan siendo elásticas. Esta característica confiere al tegumento de los insectos una eficaz combinación de rigidez y flexibilidad.

En la **cutícula** se distinguen cinco capas principales, que partiendo desde el interior hacia el exterior del insecto son: endocutícula, exocutícula, epicutícula, capa cérea, y capa de cemento. Algunos autores engloban la capa cérea y de cemento con la epicutícula. Al conjunto de endocutícula y exocutícula se la conoce también con el nombre común de *procutícula*, puesto que su composición y estructura es la misma, y sólo se diferencian cuando se depositan una serie de componentes específicos en la parte más externa (para dar lugar a la exocutícula), que le confieren mayor dureza (el proceso de esclerotización), mientras que la interior (endocutícula) permanece indiferenciada. La endocutícula se suele conservar membranosa y elástica.

La **epicutícula** es una capa muy fina, en la que suelen distinguirse dos zonas: la externa y la interna, formadas por lípidos y compuestos ricos en lipoproteínas respectivamente. Está ligeramente plegada, de forma que permite cierto crecimiento de las larvas entre las mudas. Su función es la de evitar pérdidas de agua.

Atravesando la procutícula y la epicutícula se encuentran una serie de canales por donde se depositan la capa cérea y la capa de cemento. La capa cérea tiene un espesor de apenas una micra, pero está presente en todas las cutículas, incluso a la que recubre internamente las tráqueas. Las ceras que le dan nombre están compuestas por mezcla de hidrocarburos de cadena larga y ésteres de ácidos grasos y alcoholes. Su función básica es la de limitar las pérdidas de agua.

La **capa de cemento** es la parte más superficial del tegumento, y extremadamente fina (menos de una micra). Su misión parece ser que es proteger la capa de cera inferior y también como reservorio de lípidos. Esta capa se produce a partir de ciertas glándulas epidérmicas o células especializadas situadas en la epidermis, al final del proceso de formación de la cutícula.

2.2. FUNCIONES

- **Dar forma al insecto.** Es la función básica del exoesqueleto, puesto que los insectos no tienen endoesqueleto propiamente dicho.
- **Reducir pérdidas de agua.** Uno de los componentes del tegumento son una serie de ceras que recubren el cuerpo, de forma que disminuye su evaporación a través del exoesqueleto, que de por sí, por su composición, es bastante permeable al paso del agua.
- **Protección y formación de órganos internos.** El tegumento, en la embriogénesis, se invagina para formar parte del tubo digestivo (el intestino anterior y posterior), las tráqueas, y ciertas partes del aparato reproductor (vagina, edeago).
- **Asiento de los músculos.** En el caso de los músculos esqueléticos, deben sujetarse a diversas proyecciones internas que posee el exoesqueleto para poder realizar los movimientos del cuerpo. Esta fijación se realiza directamente en la cutícula.
- **Reserva metabólica.** El crecimiento de los estados inmaduros de los insectos implica el cambio de exoesqueleto antiguo por otro de tamaño superior. Los

insectos aprovechan la mayoría de los componentes del antiguo exoesqueleto para formar el nuevo.

- **Protección frente al exterior.** Debido a su resistencia, les permite defenderse de ciertas agresiones externas.
- **Color.** El color de los insectos se encuentra en los pigmentos que se depositan en el tegumento, y también en ciertas estructuras que aparecen en la parte exterior, que reflejan y difractan la luz, proporcionando a muchos insectos colores iridiscentes.
- **Permite el vuelo.** La estructura de las alas de los insectos es una expansión del tegumento, que forma dos láminas recorridas por una serie de resaltes (las venas) para darles resistencia.
- Ya se comentó la composición de **varias partes de la cutícula**, pero el componente más característico es la quitina, un polímero de glucosaminas, que forma una especie de matriz en la procutícula, en la que se incluyen otros componentes, especialmente proteínas, que dan lugar a complejos glucoproteicos. Según sean las características de estas proteínas se verán modificadas las propiedades de la cutícula, dándole rigidez o flexibilidad. Un grupo de estas proteínas (o complejo proteico) son las esclerotinas, que confieren rigidez y dureza a la exocutícula. Se depositan en la procutícula, dándole un color oscuro, diferenciando endo y exocutícula allí donde es necesaria la rigidez. Se forman a partir de otros compuestos: las quinonas, formadas a partir de compuestos fenólicos oxidados, que establecen uniones con compuestos proteicos ya presentes en la cutícula.

2.3. PROCESOS

En la Figura 2.2, se pueden ver diferentes tipos de procesos o formaciones tegumentarias. Son prominencias de mayor o menor tamaño en forma de espinas, sedas, pelos o escamas, de origen y significación diversa.

Una primera clasificación se encuentra en si estos procesos son articulados o rígidos, según tengan en la base una zona membranosa o no.

2.3.1. Procesos rígidos

Microtiquias (pequeños pelos, de origen cuticular), espinas (procesos pluricelulares de origen epidérmico, de tamaño grande que suelen aparecer en las patas), escamas (expansiones tegumentarias de origen epidérmico, comunes en Lepidópteros y en otros insectos).

2.3.2. Procesos articulados

De origen epidérmico: quetas, pelos o sedas (formaciones unicelulares, con muy diferentes formas, frecuentemente asociadas al sistema sensorial), espolones (de mayor tamaño, en las patas). Algunos de estos procesos articulados pueden ser urticantes, como ocurre en las orugas de algunos Lepidópteros: el pelo almacena en su interior las sustancias tóxicas producidas por una célula especializada asociada que tiene en su base.

En el tegumento se encuentran también una serie de glándulas, incluidas en la epidermis, que producen diferentes compuestos que se expulsan al exterior: glándulas de la muda, glándulas de cera, glándulas adhesivas, glándulas sericígenas, glándulas repugnatorias y venenosas, glándulas productoras de feromonas.

2.4. CABEZA

La cabeza consta de seis segmentos soldados en forma de capsula, estos segmentos son indiferenciables. La cabeza generalmente lleva un par de **antenas**, dos **ojos compuestos**, tres **ocelos**, y los apéndices bucales. Gran parte de la cabeza está encerrado dentro de la capsula cefálica, con un **vértex** dorsal, las mejillas laterales o **genas** y la **frente** delantera (Figura 2.3). Debajo de la frente se ubica una lámina denominada **clípeo**. Las piezas bucales están situadas en la parte ventral de la cabeza.

2.4.1. ANTENAS

Son apéndices muy movibles, localizados delante (posición frontal) de los ojos o entre los mismos, formados por varios segmentos, en donde residen las funciones sensoriales del tacto y del olfato. El número de segmentos, su forma y largo son usados como parte de las características para distinguir las diferentes especies y familias.

La antena está formada por una serie de unidades llamadas **artejos**. En la antena típica se distinguen tres zonas: escapo, pedicelo y flagelo (Figura 2.4).

- a. **Escapo:** Es el artejo basal de la antena, normalmente más grande y ancho que el resto. Se inserta en la cabeza en una zona membranosa.
- b. **Pedicelo:** Es el siguiente artejo, de pequeño tamaño, con un complejo sensorial específico.
- c. **Flagelo:** Es el conjunto de todos los demás artejos que forman la antena. Suele ser largo y formado por una serie de artejos o flagelómeros muy similares entre sí, unidos por membranas, lo que le da bastante flexibilidad.

Las antenas suelen estar recorridas por músculos que les confieren gran movilidad.

2.4.1.1. TIPOS DE ANTENAS

Aunque la estructura de las antenas es bastante uniforme, existen múltiples variantes que dan lugar a formas morfológicas características así tenemos:

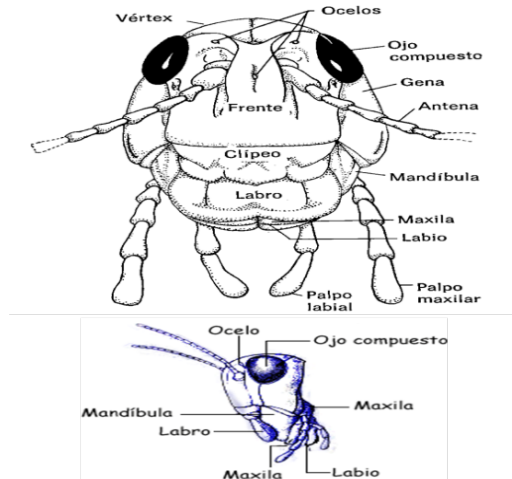


Figura 2.3. Vista frontal y laterales de la cabeza. Obtenido del internet.

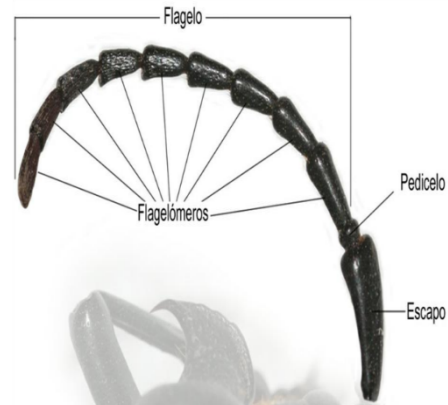
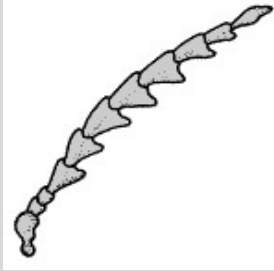

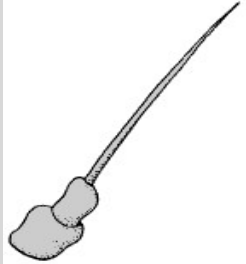
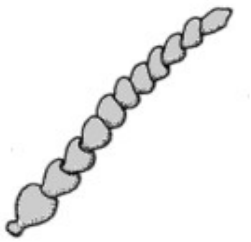
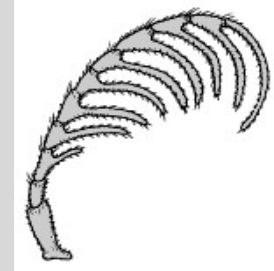


Figura 2.4. Partes de una antena. Obtenido del internet.

<p>FILIFORMES</p>	<p>Típicamente larga, cilíndrica y con todos los segmentos de tamaño uniforme.</p>	
<p>SERRIFORME</p>	<p>Los flagelómeros en su conjunto presentan forma de sierra.</p>	
<p>CLAVIFORME</p>	<p>El último artejo es más grande que el penúltimo y así sucesivamente.</p>	
<p>SETIFORME</p>	<p>Pequeñas con apariencia de pelo, y con los segmentos más delgados hacia la punta.</p>	
<p>MONILIFORME</p>	<p>Como cuentas segmentando un racimo, o en forma de rosario.</p>	

PECTINIFORME

En forma de peine



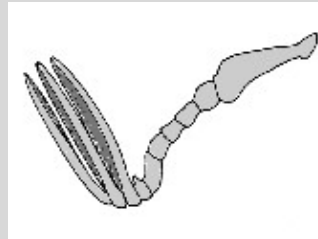
CAPITADA

Largas y delgadas, pero con los segmentos terminales agrandados abruptamente formando una especie de cabeza.



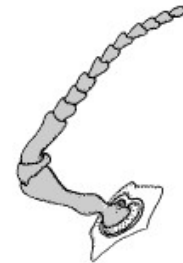
LAMELIFORME

Poseen los segmentos terminales expandidos lateralmente formando un lóbulo redondeado u oval.



GENICULADA O ACODADA

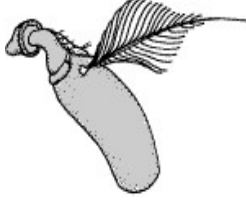
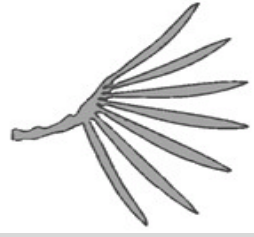
Con el escapo largo, y con el pedicelo corto que articula al flagelo en ángulos variables.



PLUMOSA

Similar a una filiforme, pero los segmentos tienen pelos largos



<p>ARISTADA</p>	<p>Compacta y con el último segmento agrandado que posee un pelo o arista.</p>	
<p>FLABELADA</p>	<p>El flagelo presenta una forma de palma.</p>	
<p>BIRRAMOSA</p>	<p>El flagelo se ha dividido en dos, y cada artejo presenta pelos.</p>	

Las antenas difieren casi siempre en los dos sexos de una especie, y a veces esta diferencia es muy ostensible, lo que contribuye a marcar mucho el dimorfismo sexual. Generalmente las antenas de los machos son más complejas que las de las hembras.

La principal función de las antenas es de tipo sensorial. Las antenas tienen muchas quetas sensoriales, y muchos de los artejos poseen células epidérmicas o zonas especializadas en la captación de todo tipo de señales y cambios que se produzcan en su medio, por ejemplo señales olfativas, gustativas, táctiles e incluso auditivas.

2.4.2. OJOS

Sin lugar a dudas es el órgano sensorial más conspicuo de los insectos son el par de ojos compuestos que la mayoría de los insectos lo tienen (Figura 2.5). Estos ojos compuestos están localizados dorso-lateralmente en la cabeza.

En adición a los ojos compuestos, la mayoría de los insectos posee tres ojos simples u ocelos localizados en la parte superior de la cabeza, entre los ojos compuestos. Los ojos compuestos están formados por múltiples estructuras de enfoque, de formas circulares o hexagonales llamadas facetas u ommatidios, cada una de ellas asociada a un número reducido de células fotorreceptoras, cada faceta es una lente de una única unidad visual.

Los ojos del insecto no pueden cambiar de foco, pero si pueden definir objetos situados a sólo un milímetro de distancia de la lente, adaptación útil para un insecto. Cada ommatidio tiene su propia lente, la córnea, que forma una de las facetas del ojo compuesto, además de otra lente, el cono cristalino. Ambas lentes enfocan la luz. La parte de las células retinulares sensible a la luz es el rabdoma. El estímulo es transmitido por los axones de las células retinulares al sistema nervioso central. El ommatidio está rodeado por células pigmentarias que impiden que la luz viaje de un ommatidio a otro.

Los ocelos dorsales, exclusivos de algunos insectos adultos y coexistentes con los ojos compuestos, y los ojos simples son un complemento a los ojos compuestos. Desde el punto de vista funcional, los ocelos dorsales se caracterizan por estar desenfocados. Por esta razón, no forman imagen. Esta incapacidad de los ocelos permite, sin embargo, diferenciar, por ejemplo, el área por encima del horizonte (cielo) de la que se encuentra por debajo (tierra). De esta manera, funcionan como detectores del horizonte y, de este modo, pueden asistir a la estabilización del vuelo.

Dado que los ojos de un insecto no se mueven, por ejemplo la *Mantis religiosa*, debe mover su cabeza entera para tener a su víctima en visión binocular. El movimiento de su cabeza envía impulsos a las patas a través de pelos propioceptivos de la cabeza y el tórax. El movimiento de sus patas es así automáticamente coordinado con la posición de su presa, confiriendo a la mantis la capacidad de apresar velozmente a una víctima con un zarpazo adecuado.

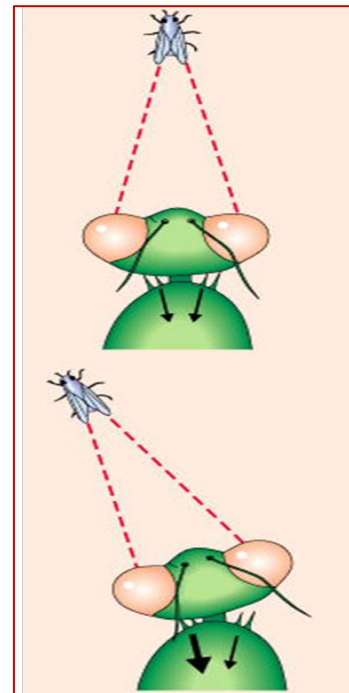


Figura 2.5. Coordinación sensitiva de un insecto. Obtenido del internet.

2.4.3. APARATO BUCAL

El aparato bucal es el complejo estructural que interviene en la captación y preparación del alimento para su posterior conducción al tubo digestivo (Figura 2.6). La importancia del estudio del aparato bucal radica en la determinación de los hábitos alimenticios de cada especie, los daños que ocasionan y su relación con el resto de la comunidad biológica.

Existe una variación significativa con respecto al tipo de aparato bucal, esta variación obedeció a la adaptación para la ingestión de diferentes tipos de alimentos. De manera general se presentan dos tipos de aparato bucal.

La primera en la que las piezas bucales se encuentran dentro de la capsula cefálica y por lo tanto no son visibles desde el exterior, este tipo es característico de los Entognatos (Colémbolos, Proturos y Dipluros). En la segunda las piezas bucales están anexadas al exterior de la capsula cefálica y que es propio de los Ectognatos (Los insectos propiamente dichos) (Figura 2.6).

El aparato bucal está compuesto de una serie de apéndices

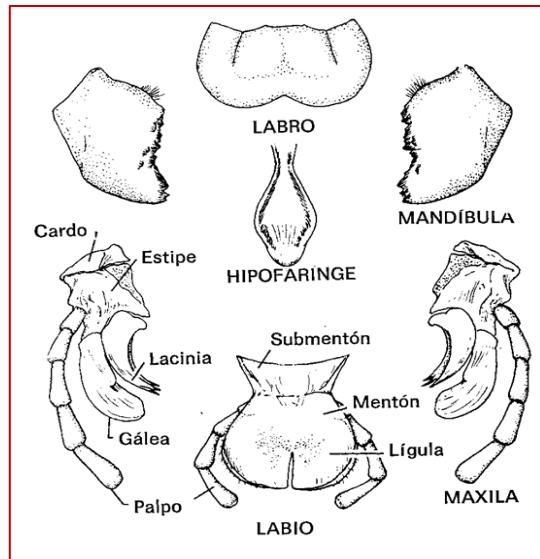
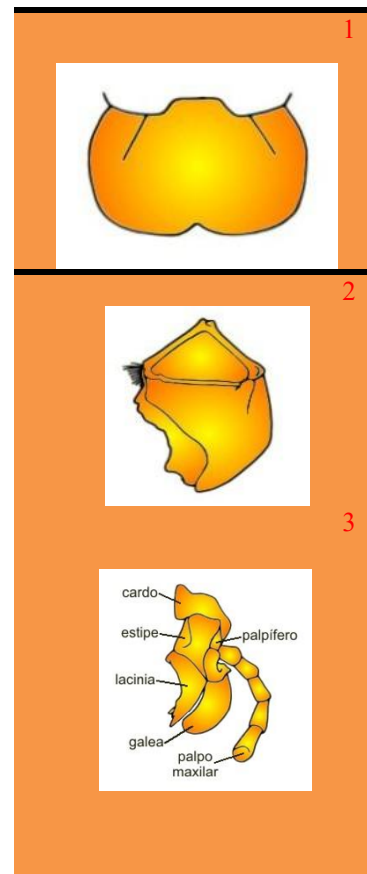


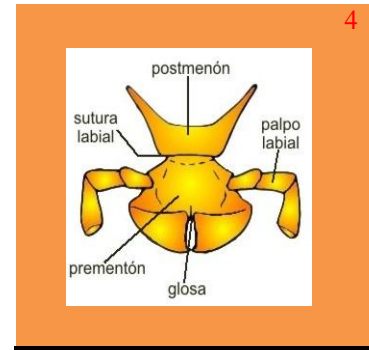
Figura 2.6. Labro (1), Mandíbula (2), Maxila (3) y Labio (4). Obtenido del internet.

Figura 2.7. Labro (1), Mandíbula (2), Maxila (3) y Labio (4). Obtenido



y estructuras externas que varía según el tipo. Por lo cual la descripción de las piezas bucales estará referida de manera general a un tipo masticador que es el más antiguo.

Labro: o labio superior, es una ancha placa situada debajo del clípeo. Esta situada en la parte anterior de la cabeza, delante de las demás piezas bucales. Su función es evitar que el alimento se salga ya que forma parte de una cavidad oral, en donde el alimento será succionado por la hipofaringe (Figura 2.7).



Mandíbulas: son un par de apéndices simples, esclerotizados y resistentes, ubicadas lateralmente bajo el labro. Están provistas de dientes a lo largo del borde interno. Su función es la de morder, cortar y triturar el alimento, actividades que se complementan con otras más complejas como son la alimentación, la cacería, la defensa, el acarreo, el moldeamiento de los nidos, la perforación de los túneles y galerías, etc. (Figura 2.7).

Maxilas: son un par de apéndices localizados detrás de las mandíbulas. Están articuladas en la parte lateral inferior a la cabeza, son piezas auxiliares durante la alimentación. Están formados por varias piezas y con palpos sensitivos alargados a los lados. Los palpos son órganos sensoriales encargados de percibir los sabores. El segmento basal de la maxila se denomina “cardo”, el segundo es el estipe el cual tiene un lóbulo llamado “palpífero” en donde se inserta el palpo. El “estipe” tiene al final dos estructuras con forma de lóbulo, y este a su vez, con dos partes: la “lacinia” tiene apariencia de cuchilla y se ubica en el interior y la “galea” con forma de cuchara, ubicada en la parte exterior. La maxila presenta grandes variaciones en los insectos masticadores, sobre todo en los palpos y los lóbulos terminales (Figura 2.7).

Labio: o labium, es considerado como un labio inferior ya que en conjunto con el labro, forman una cavidad oral en donde el alimento es cortado, desmenuzado en fragmentos más pequeños y tragado con la ayuda de la hipofaringe. Se cree que el labium evolucionó de dos maxilas que se fusionaron a lo largo de la historia evolutiva de los insectos. El labium se encuentra detrás de las maxilas. Es una estructura muy segmentada, dividida en el medio por una sutura transversal en dos porciones: un postmentón basal y un mentón distal. En algunos insectos primitivos como el grillo, el postmentón está dividido en un submentón basal y un mentón distal. A los lados del prementón se insertan un segundo juego de palpos (uno a cada lado) y un grupo de lóbulos apicales que constituyen la lígula. La lígula consiste en un par de lóbulos pequeños: la glosa en la parte interna y la paraglosa en la parte más exterior (Figura 2.7).

Hipofaringe: es un lóbulo interno, semejante a una lengua que separa dos zonas de la cavidad oral, la anterior o cibario, donde se abre el tubo digestivo, y la posterior o salivario, donde vierten las glándulas salivales.

2.4.3.1. TIPOS DE APARATO BUCAL

Como se dijo anteriormente, el aparato bucal de los insectos fue modificando en varios grupos para adaptarse a la ingestión de diferentes tipos de alimentos y por diferentes métodos. Aquí se citan los tipos más diferenciados. Existen muchos otros tipos, gran cantidad de los cuales representan estados intermedios entre algunos de los aquí citados.

Aparato bucal Masticador

A veces llamado **mandibulado**, se presenta en gran cantidad de insectos, fitófagos y con otros tipos de alimentación (depredadora, saprófaga), tanto inmaduros como adultos, aunque en los inmaduros se simplifica algo, al unirse maxilas, labio e hipofaringe (Figura 2.8). Las mandíbulas de los insectos fitófagos presentan un borde cortante y zonas molares para triturar, y si el adulto (o inmaduro) es de hábitos depredadores entonces las mandíbulas suelen tener unos dientes apicales muy marcados para sujetar a la presa.

Aparato bucal Masticador-Lamedor

Presente en muchos adultos de himenópteros. El aparato bucal es básicamente mandibulado (es decir, las mandíbulas son funcionales), pero las maxilas y labio se unen y alargan para formar una estructura móvil y extensible (Figura 2.9). Las glosas se unen por su parte media para formar un órgano lamedor con el que toman también alimentos líquidos. En otra modificación que ocurre en algunos grupos de himenópteros (familias Megachilidae, Apiadae, Antophoridae) las gálea (parte de las maxilas) se alargan y junto con los palpos labiales forman una especie de probóscide tubular por donde se absorben los líquidos que recoge el órgano lamedor, muy alargado también. De esta forma pueden llegar al néctar situado muy profundo en algunas flores.

Aparato bucal Chupador

Es utilizado por algunos insectos para ingerir agua, sustancias líquidas o semilíquidas, con los nutrientes disueltos en ellas, como néctar de las flores o melaza producida por homópteros. Se encuentra en lepidópteros y dípteros adultos (Figura 2.10).

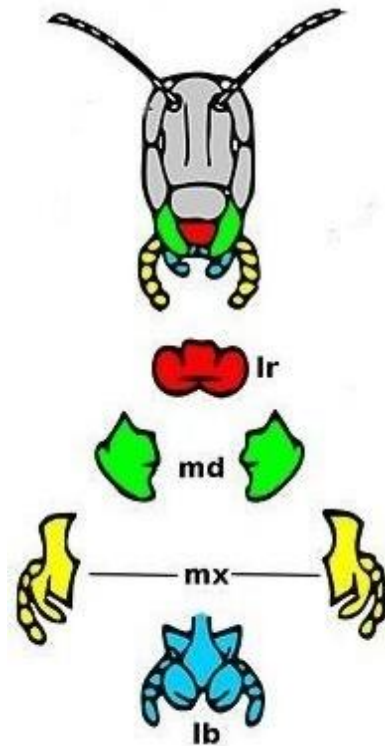
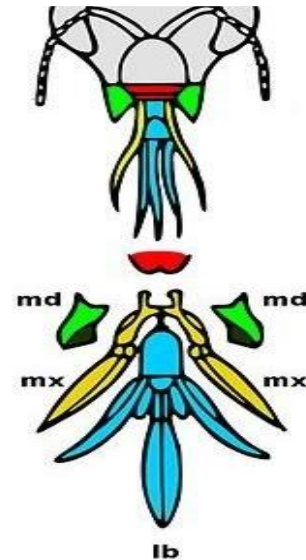


Figura 2.8. Piezas y partes del Aparato Bucal tipo Masticador. Obtenido del internet.



a. Lepidópteros adultos: Con la excepción antes citada, los adultos de lepidópteros se alimentan de néctar o melaza con ayuda de una larga probóscide o espiritrompa que enrollan debajo de la cabeza cuando están en reposo. Esta espiritrompa proviene de las dos gáleas (parte de las maxilas) muy alargadas y unidas formando un tubo. El resto del aparato bucal está muy reducido o ausente, excepto los palpos labiales que dan cierta protección a la espiritrompa.

b. Dípteros adultos: La mayoría de dípteros adultos que no se alimentan de sangre tienen una probóscide flexible formada por el labro, que incluye el canal alimenticio, y la hipofaringe, que contiene el canal salivar. Ambas estructuras unidas encajan en una sutura anterior del labio. Este labio está ensanchado formando la labela bilobulada, que funciona absorbiendo líquidos como una esponja. En su parte inferior dispone de una serie de acanaladuras transversas que se comunican con el canal alimenticio del labro y el salival de la hipofaringe (Figura 2.11).

Aparato bucal Chupador-picador

Las piezas bucales sufren una modificación, para dar lugar a unos órganos tubulares que sirven para ingerir alimentos líquidos. El aparato chupador-picador incluye apéndices afilados en la punta y aptos para perforar la superficie de plantas y animales, es lo que se denomina como pico, formado por unos estiletes (Figura 2.12). Generalmente se inyecta saliva durante la alimentación, que cumple diferentes funciones: digestión previa de las sustancias, descomposición de células y tejidos por donde pasa. Se presenta en adultos y ninfas de varios grupos de insectos exopterigotos, y en una sola fase de la vida (el estado adulto generalmente) de algunos endopterigotos.

Se pueden distinguir varios modelos de este aparato bucal:

Figura 2.9. Aparato Bucal Masticador-Lamedor. Obtenido del internet.

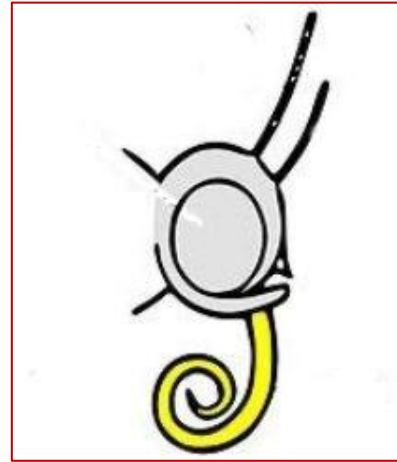


Figura 2.10. Aparato bucal chupador de lepidópteros. Obtenido del internet.

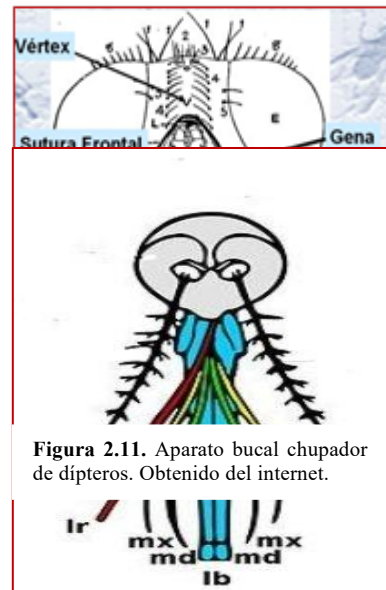


Figura 2.11. Aparato bucal chupador de dípteros. Obtenido del internet.

a. En Hemípteros: El pico está formado por dos pares de estiletes, producto de la transformación de las mandíbulas y maxilas. Las maxilas forman dos unidades que se acoplan entre sí, dejando dos canales por el interior de ellas: el canal alimenticio y el canal salival. El primero de ellos está conectado con la faringe, y por tanto con el tubo digestivo del insecto, y en la cabeza se encuentra la denominada bomba cibarial, músculo encargado de absorber los líquidos (Figura 2.13).

El segundo canal se conecta con las glándulas salivales que hay en la cabeza, y por este canal el insecto impulsa con la bomba salival, la saliva que va inyectando conforme hace avanzar los estiletes y se alimenta. El segundo par de estiletes proviene de la transformación de las mandíbulas, y se mueve de forma alternativa, en vaivén, con los otros estiletes, para ir penetrando en el tejido vegetal. Estos dos pares de estiletes son totalmente flexibles, y pueden tomar diferentes formas y recorridos en el interior de la planta hasta llegar a la fuente del alimento. Su longitud es muy variable, y depende del insecto. Con los estiletes, este grupo de insectos alcanza los vasos conductores, tanto en la parte aérea como en las raíces, en hojas, frutos, ramas y a veces madera, alimentándose de la savia.

Rodeando y cubriendo a los estiletes suelen encontrarse el labio y el labro, que forman un estuche que los protege cuando el insecto no se está alimentado. Esto es lo que se denomina rostro. Este rostro no penetra en el vegetal, sino que sólo se apoya en él (Figura 2.13).

Esta forma de alimentarse tiene otras implicaciones, entre ellas la capacidad para transmitir enfermedades de una planta a otra, fundamentalmente causadas por virus.

b. En Tisanópteros: Se le suele denominar como raspador- chupador, y presenta unas modificaciones con respecto al anterior. El pico presenta tres estiletes: dos maxilares y sólo un mandibular (Figura 2.14). Estos estiletes están recogidos dentro de la cabeza, los saca por el rostro corto y asimétrico que tiene y con ellos rasga o raspa la superficie del vegetal, inyecta saliva y luego absorbe los contenidos celulares y su saliva, aplicando el pico y chupando con su bomba cibarial, conectada con los estiletes maxilares. Los tisanópteros fitófagos se alimentan de la superficie de los órganos vegetales, y también pueden ser buenos transmisores de virus.

c. Otros casos: de aparato bucal chupador-picador son:

- Algunas larvas depredadoras de coleópteros y neurópteros tienen mandíbulas alargadas en forma de hoz, con una sutura o canal en su cara interna. Las maxilas tienen otro canal que encaja con el de las mandíbulas. Con ambas perforan y succionan los fluidos internos de sus presas.
- Hembras adultas de dípteros culícidos y tabánidos. Disponen de seis estiletes, modificación del labro, la hipofaringe, las dos mandíbulas y las dos maxilas. Los

Figura 2.12. Aparato bucal chupador – picador de díptero (mosquito).

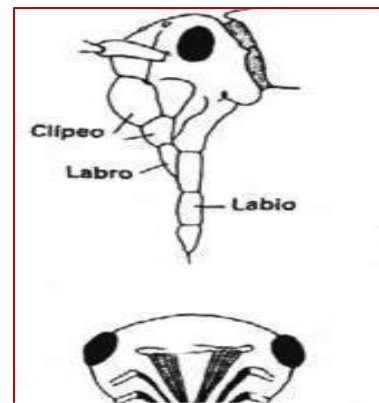


Figura 2.13. Aparato bucal chupador – picador de Hemíptero). Obtenido del internet.

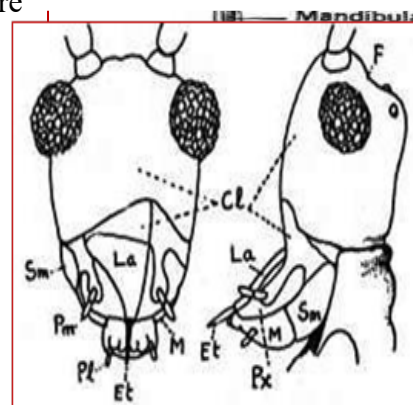


Figura 2.14. Aparato bucal chupador – picador de Tisanoptera). Obtenido del internet.

Culícidos perforan la piel y chupan la sangre, mientras que los tábanos cortan la piel con sus estiletos transformados en hojas cortantes, y absorben con la labela (parte del labio modificado) la sangre que mana de la herida.

- Algunos dípteros adultos (moscas Tse-Tse y de los establos). Es una modificación del aparato chupador no picador de la mayoría de dípteros adultos. Estos insectos pican a mamíferos. La labela es pequeña y con dientes raspadores. El labro, hipofaringe y labio forman el órgano picador.
- Algunos adultos de noctuidos, pirálidos y geométridos (familias de los lepidópteros). Es una modificación secundaria de la probóscide no picadora de la mayoría de lepidópteros adultos. Al final de ésta hay unos pelos diminutos y rígidos que ayudan a la penetración. Por movimientos alternantes de las gálea la punta se introduce en los frutos y absorbe los líquidos.

2.4.3.2. POSICION DE LAS PIEZAS BUCALES

Las piezas bucales pueden adoptar tres posiciones principales en relación con el eje longitudinal del cuerpo del insecto (Figura 2.15):

a. Hipognata: Las piezas bucales están dirigidas hacia abajo, en posición perpendicular al eje longitudinal del cuerpo. Esta orientación es propia de insectos herbívoros, que viven en espacios abiertos. Se llama también ortognato.

b. Prognata: Las piezas bucales se proyectan hacia delante, más o menos paralelas al eje longitudinal del cuerpo. Típica de especies carnívoras que persiguen activamente a sus presas. Las larvas de insectos que viven en galerías y lugares cerrados también pueden presentar esta morfología.

c. Opistognata: En algunos insectos que se alimentan de jugos vegetales o animales (como chinches o pulgones), la base de las piezas bucales se encuentra pegada a la base de primer par de patas o al proesternón, con lo que están en la parte inferior y posterior de la cabeza.

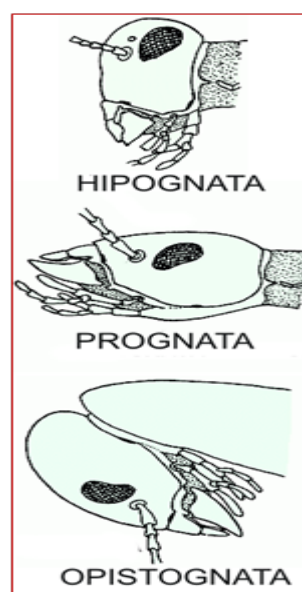


Figura 2.15. Posición de las piezas bucales. Obtenido del internet.

2.4.3.3. HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LOS INSECTOS

Los hábitos alimenticios de los insectos es amplia y está en relación directa al número de especies, así tenemos:

a. Fitófagos: constituyen el grupo más numeroso de los insectos. Dentro de estos están los comedores de hoja o de follaje (defoliadores), los que se alimentan del floema (floeófagos), los que succionan la savia del xilema, los que se alimentan de la madera (xilófagos), los que se alimentan del polen (polinófagos), los que se alimentan de los frutos (corpófagos o frugívoros) y los que se alimentan de las raíces.

b. Carnívoros: pudiendo ser caníbales cuando se alimentan de individuos de su misma especie. Depredadores cuando se alimentan de otras especies de menor tamaño al suyo (presa). Parásitos cuando se alimentan de especies de mayor tamaño (huésped) de manera lenta y progresiva. Hematófagos o sanguinívoros cuando se alimentan de la sangre de los vertebrados; son solenófagos cuando extraen la sangre perforando un vaso conductor (capilar); son telmófagos cuando con las piezas bucales (mandíbulas) cortan la epidermis y seccionan el vaso de donde brotara sangre que el insecto beberá.

- c. **Saprófagos:** cuando se alimentan de materia en descomposición.
- d. **Necrófagos:** cuando se alimenta específicamente de animales muertos.
- e. **Polífagos:** cuando dentro de su alimentación incluye una amplia variedad de especies vegetales, animales o de tipos de materia orgánica muerta de diferentes fuentes.
- f. **Oligófagos:** cuando su dieta está limitado a un pequeño número de especies de plantas, animales o materia orgánica en descomposición.
- g. **Monófagos:** cuando el insecto se alimenta exclusivamente de una especie.
- h. **Micetófagos:** son los insectos que no tienen especialización alimenticia conocida.

2.5. TÓRAX

El tórax, es la segunda división del cuerpo del insecto modificada para desempeñar la función de locomoción. Se compone de tres segmentos básicos:

- **El protórax:** en donde se insertan el primer par de patas.
- **El mesotórax:** en donde se insertan el segundo par de patas, así como el primer par de alas.
- **El metatórax:** en donde se insertan el tercer par de patas y el segundo par de alas.

Originalmente estos tres segmentos eran iguales en tamaño y estructura en los organismos que dieron origen a los insectos. Sin embargo, en muchos de los grupos de insectos modernos con alas, tanto el mesotórax como el metatórax se han alargado para soportar las alas así como la musculatura asociada al mecanismo de vuelo.

En cada segmento típico se distinguen tres zonas:

- La dorsal o **tergo**, que en el tórax recibe el nombre específico de noto.
- La ventral o **esternón**.
- Y las laterales, pleuras o **pleurones**. Aquí se encuentran las inserciones de las patas y alas.

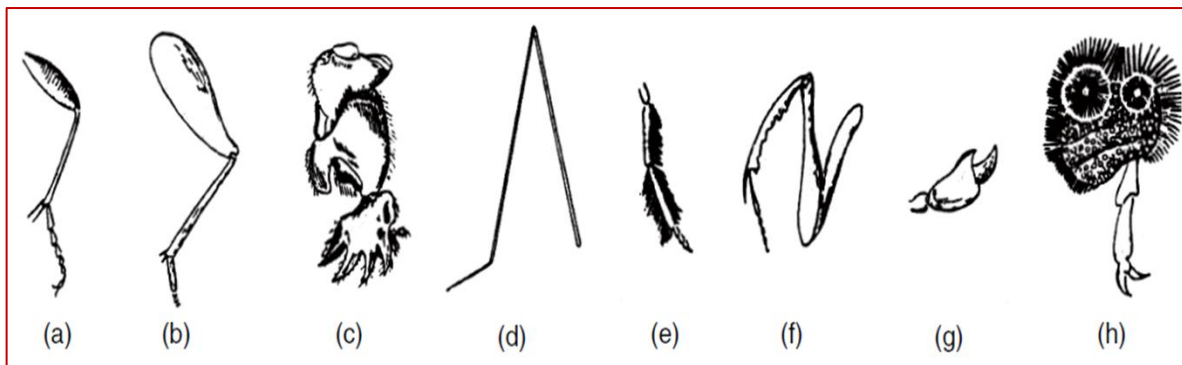
En estas tres zonas pueden aparecer zonas más endurecidas, que reciben entonces el nombre genérico de escleritos, y de forma particular tergitos para el tergo, esternitos para el esternón y pleuritos para la pleura. Los prefijos pro-, meso- y meta- se utilizan para designar con mayor precisión las distintas zonas del tórax: pronoto, mesoesternón, metapleurón, etc.

En su parte interna aparecen expansiones del tegumento que reciben diferentes nombres (fragmas, apodemas, apófisis), y que sirven de anclaje a los músculos que deben mover patas y alas. En la pleura del meso y metatórax se encuentran un par de estigmas o espiráculos, aberturas externas que sirven el intercambio gaseoso, junto a los del abdomen.

El aspecto concreto que tiene el tórax de un insecto depende mucho de sus hábitos de vida. Es bastante normal que en los insectos voladores estén muy desarrollados el meso y metatórax (llamados a veces pterotórax). Muchos insectos voladores lo hacen fundamentalmente con uno de los dos pares de alas, y en ese caso tienen una especie de hipertrofia del segmento que usan para mover las alas. En insectos marchadores, o ápteros, los tres segmentos tienen un desarrollo similar, e incluso tienen más desarrollada la parte esternal de los segmentos.

2.5.1. PATAS

Una característica constante de los insectos en estado adulto es la presencia de tres pares de patas en el tórax, de ahí el nombre de Hexápodos. Las patas son apéndices articulados utilizados para el desplazamiento. Muchos insectos en estado inmaduros poseen también los tres pares de patas torácicas, aunque su estructura es más sencilla que la típica de un adulto.



La pata de un insecto adulto está formada por seis piezas tubulares, unidas entre sí por articulaciones y por una membrana. Su interior está recorrido por músculos que aseguran su movilidad. Las seis piezas son: coxa o cadera, trocánter, fémur, tibia, tarso y pretarso. Aunque la pata típica de un insecto es marchadora, adaptada a la marcha o carrera en un sustrato sólido, a partir de este diseño básico se han producido gran cantidad de modificaciones que permiten a estos apéndices desempeñar otras muchas funciones como cavar, capturar y sujetar las presas, nadar, saltar, etc. (Figura 2.15).

La coxa o cadera es la base funcional de la pata, puesto que es la articulación con el tórax.

El trocánter se articula con la cadera y suele estar rígidamente unido al fémur.

El fémur es la pieza más grande de la pata. Está especialmente desarrollado en los insectos saltadores.

La tibia es generalmente delgada, de longitud igual o superior al fémur. Cerca de su extremidad distal lleva uno o más espolones tibiales.

El tarso primitivo consta de un solo segmento, pero en la mayoría de los insectos más evolucionados consta de 2 a 5 subsegmentos o tarsómeros. No tienen músculos en su interior, a diferencia del resto de partes de la pata. Los insectos se apoyan en el sustrato con el tarso.

El pretarso es un grupo de estructuras situadas en la parte final de la pata, al extremo del tarso. La forma más sencilla que presenta es la de una uña (como en proturos, colémbolos y muchas larvas).

En la mayoría de los insectos consta de dos uñas y un lóbulo medio llamado arolio. En los dípteros hay dos papilas o lóbulos (se llaman pulvilos) debajo de las dos uñas o garra, y el arolio puede estar o ser substituido por una cerda llamada empodio. Arolio y pulvilos, junto a otras estructuras que hay en los tarsos, permiten trepar y andar por superficies lisas, gracias a sustancias pegajosas que los recubren.

Figura 2.15. Pata Corredora(a), Saltadora (b), Cavadora (c), Corredora adaptada a la hierba (c), Nadadora (e), Prensora (f-g-h). Obtenido del internet.

2.5.1.1. MODIFICACIONES

Algunas de las modificaciones más importantes en las patas de los insectos son:

- a. **Pata cavadora:** la tibia o el tarso se ensanchan, adoptando forma de pala, especialmente en las patas delanteras. En Gryllotalpidae, Scarabaeidae, y otros.
- b. **Pata saltadora:** el fémur de las patas posteriores se ensancha y aloja potentes músculos extensores usados en el salto. En ortópteros, coleópteros (subfamilia de halticinos), algunos homópteros, y otros.
- c. **Pata recolectora:** en las abejas de la miel y otros himenópteros recolectores de polen las patas posteriores tienen un conjunto de largos pelos en donde van recogiendo el polen que recubre su cuerpo al buscar el néctar de las flores.
- d. **Pata prensora o raptora:** adaptada a sujetar objetos o presas y también a capturarlos. Se da en mántidos, por alargamiento de la tibia y tarso del primer par de patas, con bordes dentados y formando una pinza. También aparece en Siphonaptera.
- e. **Pata nadadora:** las patas, especialmente las posteriores se aplanan y rodean de pelos para funcionar como remos. Se encuentra en algunos hemípteros heterópteros y en coleópteros.
- f. **Otros casos:** las libélulas (orden odonatos) sólo usan las patas para **posarse y sujetar** las presas, pero no para caminar. Algunos adultos de lepidópteros (por ejemplo la familia de los ninfálidos) tienen el primer par de patas prácticamente atrofiado, y sólo son funcionales dos pares de patas. El estado inmaduro de dípteros, muchos himenópteros, en algunos coleópteros, y en otros órdenes no poseen patas torácicas, son ápodas, aunque pueden desplazarse al disponer de una especie de aparato locomotor formado por unos tubérculos membranosos, llamados pseudópodos o falsas patas, en la región abdominal, y a veces por tener unas filas de quetas o sedas rígidas en la parte ventral. Otros inmaduros combinan los tres pares de patas torácicas con la presencia de falsas patas abdominales, como les ocurre a muchos inmaduros de lepidópteros y algunos grupos de himenópteros, formados por unos tubérculos membranosos que poseen quetas o espinas en su base.

2.5.2. ALAS

Las alas son expansiones planas del tegumento, formadas entre el noto y las pleuras del meso y metatórax, reforzadas por una red de tubos huecos esclerotizados llamados venas (Figura 2.16). No son por tanto apéndices articulados. Su función es permitir el vuelo a los insectos adultos.

Los insectos actuales se clasifican según tengan alas en estado adulto (Pterigotos) o no (Apterigotos). La mayoría de los insectos tienen alas en estado adulto. Normalmente dos pares de alas: un par en el mesotórax y otro par en el metatórax. En los insectos existen bastantes modificaciones en el número y aspecto de las alas. En algunos casos se han perdido las alas, y entonces se habla de insectos secundariamente ápteros.

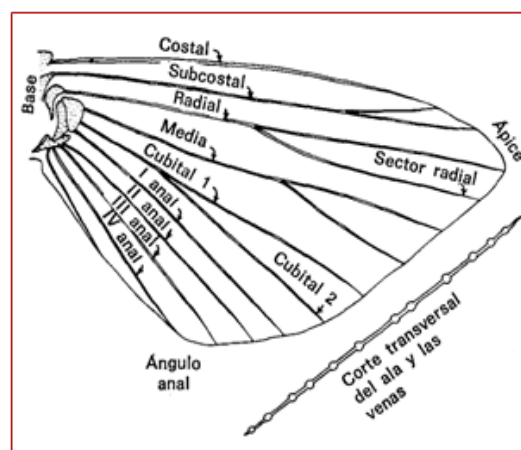


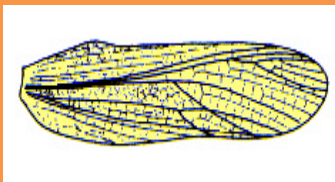
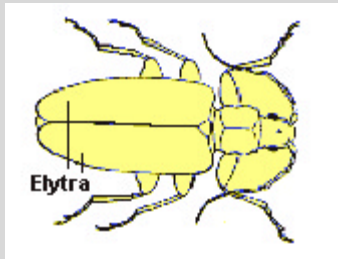

Figura 2.16. Ala generalizada con las principales venas y partes. Obtenido del internet.

La venación alar se utiliza bastante en taxonomía. Un ala típica está recorrida por una serie de venas longitudinales, unidas por otras transversales. Los espacios que encierran estas venas se denominan celdas. En las alas existen diferentes zonas o regiones que reciben nombres concretos. En algunos casos se encuentran manchas opacas en el margen anterior de las alas: se denomina estigma o pterostigma (común en Himenópteros y Odonatos).

2.5.2.1. MODIFICACIONES

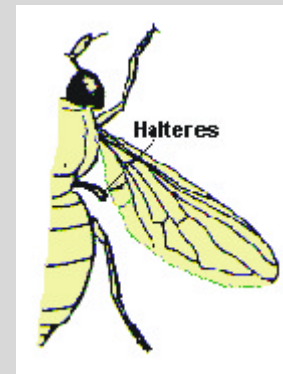
El aspecto normal del ala de un insecto es membranoso, translúcida, recorrida por las venas, de superficie lisa y con pocos pelos o escamas. Sobre este esquema se producen múltiples variaciones, que por sus especiales características, permiten por sí solas (o con unos pocos caracteres morfológicos más) incluir con certeza a sus poseedores dentro del orden al que pertenecen.

Las principales modificaciones son:

<p>Tégmina o Tégmen</p>	<p>Primer par de alas coriáceas en algunos insectos. Esta característica permite que adquieran una función protectora del segundo par de alas, de carácter membranoso. Son características de los órdenes Orthoptera y Dytioptera, y en algunos de ellos exhiben las modificaciones necesarias para producir sonido (Órgano estridulador), ya sea por frotamiento entre ellas, o con otras partes del cuerpo.</p>	
<p>Élitro</p>	<p>Se da en coleópteros. Es el nombre que recibe el primer par de alas de esta orden. Están totalmente endurecidos, protegiendo el segundo par de alas, como si se tratara de un estuche, que está plegado debajo de ellos, y el abdomen. Los élitros no se usan para volar.</p>	
<p>Hemiélitro</p>	<p>Se da en los heterópteros. Es el nombre que recibe el primer par de alas, que está endurecido en la mitad basal, mientras que la mitad distal mantiene el aspecto membranoso. El segundo par de alas sigue siendo</p>	

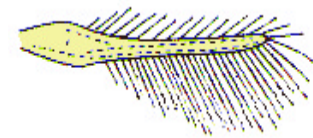
membranoso, y es el utilizado para volar.

Ocurre en los dípteros. Es la modificación del 2º par de alas, que desaparece, para transformarse en un sistema de estabilización del vuelo. Tienen el aspecto de dos bolas o mazas de muy pequeño tamaño. El primer par de alas se mantiene y cumple con las funciones de vuelo. En algunos otros grupos de insectos se produce también la pérdida o transformación de uno de los dos pares de alas.



Balancines

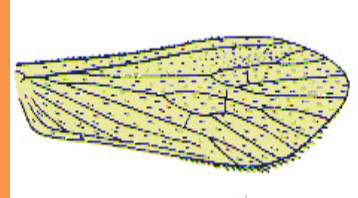
Se produce en los Tisanópteros. Estos insectos tienen las alas muy estrechas, y en su borde tienen dispuestos unos largos pelos o flecos que les permite mejorar su vuelo.



Alas con flecos

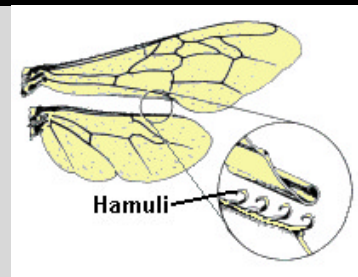
Alas con pelos

Característico de los Tricópteros. Las alas anteriores y posteriores están cubiertas de pelos o setos.



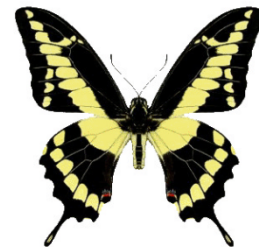
Hamuli

Modificación en la que las alas anteriores están provistas de diminutos ganchos que mantienen unidas las alas posteriores con las anteriores. Es propio de algunas especies de los Himenópteros.



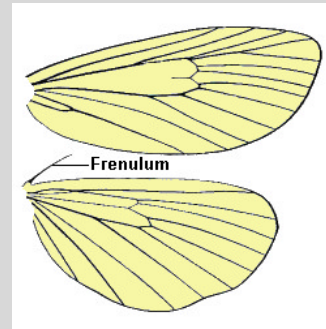
Alas cubiertas de escamas

Se da en lepidópteros y algún otro orden. Es un tipo de ala membranosa que tiene toda su superficie recubierta por expansiones tegumentarias con forma de escama o pelo.



Frenillo

Modificación cerca de la base del ala posterior que mantiene junta las alas anteriores y posteriores juntas. Se dan en Lepidópteros.



Ápteros

Como se ha comentado anteriormente, una modificación de las alas puede ser la desaparición de éstas en el curso de la evolución, es lo que hemos llamado insectos secundariamente ápteros. Se da en Sifonaptera, Mallophaga, en algunas castas de hormigas y termitas.



Braquípteros

Consiste en la disminución del tamaño normal del ala. El ala normal, cuando está en reposo, suele descansar a lo largo del cuerpo del insecto, cubriéndole todo el abdomen. En los insectos braquípteros el ala es de menor tamaño, y deja al descubierto buena parte del abdomen.



2.6. ABDOMEN

El abdomen es la tercera y última región funcional del cuerpo de los insectos, ubicada justo detrás del tórax. En la mayoría de los insectos, la unión entre el tórax y el abdomen es amplia, pero en algunos grupos, la unión es muy estrecha (pecioladas) dando la apariencia de una "cintura de avispa". El abdomen está inicialmente formado por 11 segmentos, aunque esto sólo ocurre en algunas órdenes (proturos, tisanuros). En la mayoría de las órdenes el número primitivo de segmentos abdominales tiende a reducirse a nueve, ocho, o incluso menos como sucede en los Dípteros y Coleópteros.

En el abdomen se encuentran las principales vísceras, y es donde se realizan las más importantes funciones metabólicas: digestión, absorción, excreción, respiración, circulación y la función reproductora, mediante las gónadas y los órganos copuladores.

Cada segmento del abdomen está formado por un esclerito dorsal, el **tergo**, y un esclerito ventral, el **esternón**, unidas entre sí lateralmente por una **membrana pleural**. Los escleritos de los segmentos contiguos se unen mediante unas membranas intersegmentarias, lo que le confiere una gran movilidad (Figura 2.17). En muchas ocasiones no se aprecian estas membranas porque solapan los segmentos. Esto ocurre, en algunos insectos, incluso entre la parte dorsal y la esternal, no apreciándose la membrana pleural. En algunos insectos en los primeros segmentos se puede apreciar un **tímpano**.



Figura 2.17. (De izquierda a derecha) TERGO, ESTERNÓN Y TÍMPANO de *Romalea microptera*. Obtenido del internet.

En muchos insectos adultos, dentro de la membrana pleural hay unos espiráculos (abertura del aparato respiratorio), en cada lado de los ocho primeros segmentos abdominales.

En la parte posterior del abdomen, se encuentra el ano (abertura posterior del aparato digestivo) que se encuentra protegido entre tres escleritos: una dorsal denominada **epiprocto** y un par de laterales llamadas paraproctos. Cerca del margen anterior de los **paraproctos** se encuentra un par de órganos de los sentidos, los **cercos**. Estas estructuras son táctiles (tacto) receptores. Por lo general son consideradas como rasgos "primitivos", ya que están ausentes en las órdenes superiores.

En la superficie ventral de la parte posterior del abdomen se encuentran situadas las aberturas externas de los conductos genitales, asociadas generalmente a unos órganos diferenciados para realizar la cópula y la puesta de los huevos, lo que se denomina como genitalia externa.

La abertura genital de la hembra, llamada poro genital, varía su posición según los insectos, aunque lo más común es que se sitúe entre el 8º y 9º segmento. En los machos aparece generalmente en la parte posterior del 9º segmento. La localización de este poro permite establecer tres tipos de segmentos abdominales: los pregenitales, los genitales y los postgenitales. En estos segmentos pueden aparecer diferentes apéndices.

Los apéndices pregenitales se encuentran sólo en insectos considerados más primitivos (Apterigotos) y en las larvas de algunos otros insectos. Los colémbolos poseen tres formaciones apendiculares muy especializadas, derivadas de estructuras dobles: un tubo ventral, relacionado con la adherencia a superficies lisas, con la absorción de agua y la respiración, y un aparato saltador formado por el retináculo y la horquilla o furca. Los tisanuros poseen un par de piezas laminares en la parte ventral de estos segmentos. Algo similar ocurre con proturos y dipluros.

Los estado inmaduros de muchos Pterigotos también presentan gran variedad de órganos pregenitales. Los inmaduros de los insectos acuáticos, suelen tener apéndices parecidos a patas, aunque su función más probable sea la de actuar como branquias traqueales. En

algunos insectos terrestres, como orugas de lepidópteros y algunas de himenópteros (suborden sínfitos), se encuentran las falsas patas, que en general se consideran como verdaderos apéndices.

En cuanto a los segmentos postgenitales, en ellos se encuentran los cercos. Éstos son dos apéndices articulados que se sitúan en el segmento 11, o bien en el segmento 10 cuando aquel desaparece. Los cercos se encuentran bien desarrollados en algunos Apterigotos y en varios órdenes hemimetábolos. Su aspecto, tamaño y forma son muy variables: pueden ser largos y pluriarticulados (tisanuros, dipluros, efemerópteros, plecópteros), cortos pero también pluriarticulados (dictiopteros), o cortos y uniarticulados (odonatos, ortópteros, fásmidos, isópteros). Los cercos de machos y hembras de una misma especie pueden ser distintos, lo que sugiere que pueden desempeñar un papel en el acoplamiento sexual. A veces se relacionan con función defensiva o de ataque: cercos de las tijeretas (dermápteros) y algunos dipluros (familia de los japígididos), especialmente en los machos. No obstante, la función de los cercos está relacionada en la mayoría de los casos con la captación de estímulos táctiles, es decir, una función sensorial.

Al final del abdomen pueden aparecer otros apéndices, aunque generalmente son interpretados como modificaciones secundarias de algunos escleritos de los últimos segmentos: filamentos en tisanuros y efemerópteros, falsas patas en larvas de insectos holometábolos.

Aunque el abdomen en su conjunto presenta una aparente simplicidad, en muchos aspectos es una región altamente modificada y especializada.

2.6.1. OTRAS PIEZAS ABDOMINALES

Pinzas

En Dermaptera (tijeretas), los cercos están muy esclerotizado y forman pinzas. Se utilizan sobre todo para la defensa, sino también durante el cortejo, y a veces para ayudar en el plegamiento de las alas.



Sifones

Son dos estructuras secretoras localizadas dorsalmente en el abdomen de los pulgones. Los sifones producen sustancias que repelen los depredadores o provocan atención de otras para que estas las protejan, generalmente con las hormigas simbióticas.



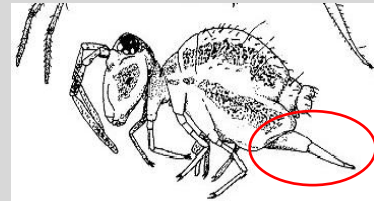
Propatas
abdominales

Son apéndices locomotores carnosos que sólo se encuentra en las larvas de ciertas órdenes (en particular Lepidoptera, Mecoptera y algunos himenópteros).



Fúrcula

Son órganos propios de los "colémbolos" y tienen como función inducir el salto, se encuentra en la parte ventral del quinto segmento abdominal.



2.7. REFERENCIAS

Borror DJ, De Long DM, Triplehorn CA (2005) An introduction to the study of insects. Quinta edición. Saunders College Publishing. Philadelphia, USA. 928 p.

Gallo D (ed.) (1978) Manual de Entomología Agrícola Editorial Agroeconómica Ceres Ltda. Sao Paulo. 531 p.

Rogg HW (2000) Manual de Entomología Agrícola de Ecuador. Ediciones ABYAYALA, Quito, Ecuador. ISBN: 9978-41-358-8. 712p. Disponible en file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/xdoc.es_manual-de-entomologia-del-ecuador--pdf-free.pdf

Lastres L, Argüello H (2008) Identificando Insectos Importantes en la Agricultura: Un enfoque popular. 2da ed. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central PROMIPAC, ZAMORANO, COSUDE. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 90p. Disponible en <https://es.calameo.com/read/005341618dd242ca363ad>

Metcalf CI, Flint W., Met RF (1979). Insectos destructivos e insectos útiles Compañía Editorial Continental S.A. México.

Ross HH (1973) Introducción a la Entomología General y Aplicada. Ediciones Omega, Barcelona.

Zumbado MA, Azofeifa D (2018) Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. Disponible en <file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/insectosimpagri-web.pdf>

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METAMORFOSIS

Metamorfosis Incompleta

Solamente 12% de los insectos tienen una metamorfosis incompleta de tres etapas de: **Huevos**, **Ninfas** y **Adultos** incluyendo:



Blattaria (cucarachas)



Orthoptera (saltamontes)



Phasmatodea (ramitas)



Mantodea (mantis religiosa)



Odonata (Libélulas)



Isoptera (comején)



Hemiptera (chinches)



Homoptera (chicharras, cabeza cacahuete)



Neuroptera (culucas)

DESARROLLO Y METAMORFOSIS

Marcos Manobanda Guamán, Carlos Castro Piguave,
Washington Narváez Campana

Resumen

En este capítulo se hace una discusión extensa sobre el desarrollo y metamorfosis de los insectos, enfatizando en la reproducción y los tipos especiales de este, así como en el desarrollo de los insectos; enfatizando en los insectos de las tres y cuatro etapas y sus características. También se realiza una discusión de los estadios de desarrollo, que comprende la embriogénesis, morfogénesis, metamorfosis, hipermetamorfosis y longevidad.

Palabras clave: Cuerpo, larvas, procutícula, proteasas, quitinasas, intravitalina.

3.1. INTRODUCCION

Ya se han comentado algunas de las características que explican el éxito evolutivo de los insectos. Una de ellas reside en las características de su reproducción. Podemos destacar:

- El alto número de descendientes por hembra, que puede variar ostensiblemente de una especie a otra. Basta pensar en la reina de un termitero u hormiguero, que puede poner a lo largo de su vida varios cientos de miles de huevos. En las especies que no tienen hábitos sociales el rango puede estar entre algunas decenas hasta varias centenas e incluso miles de huevos por hembra.
- La reproducción de los insectos es bisexual de tipo anfigónica: existe un macho y una hembra, que producen cada uno de ellos sus gametos. El macho pasa sus espermatozoides a la hembra para que se unan al óvulo o huevo, de forma que el huevo sea viable. Aquí se pueden presentar excepciones: que sólo exista un sexo (la hembra) en una población, y en este caso se producen ciertas variantes de la reproducción, bastante comunes en algunos grupos de insectos.
- Acoplamiento entre los sexos. El macho y la hembra se aparean, y el macho fecunda a la hembra al pasarle su esperma. Existen excepciones, como ocurre en los Apterigotos, donde el macho deja su esperma envuelto en una cubierta sobre el sustrato, la hembra lo recoge y se lo introduce por su abertura genital.
- Oviparidad. El gameto femenino, fertilizado o no por el espermatozoide del macho, recibe el nombre de huevo. La hembra deposita el huevo en un lugar adecuado. En el interior de este huevo se produce la embriogénesis, y de él surge un insecto inmaduro que sufre varias transformaciones hasta llegar al estado de adulto o imago (morfogénesis). Existen algunas excepciones a esta norma.

3.2. TIPOS ESPECIALES DE REPRODUCCION

3.2.1. Viviparidad

El desarrollo del huevo se completa en el interior del cuerpo de la hembra, con lo que de ésta surgen larvas o ninfas en vez de huevos. Los embriones se desarrollan generalmente en el interior del huevo, que no suele contener apenas sustancias nutritivas, alimentándose entonces de sustancias que le proporciona la madre por diferentes medios, dando lugar a diversas variantes (viviparidad adenotrófica, hemocélica, y pseudoplacental), aunque la más destacable es la que ocurre en los áfidos o pulgones (homópteros), que es de tipo pseudoplacental.

3.2.2. Ovoviviparidad

Ocurre en aquellas especies en las que el huevo tiene suficientes reservas nutritivas para alimentar al embrión, y la madre no tiene estructuras nutricionales especiales. El inmaduro es entonces expulsado por la madre inmediatamente después de su eclosión del huevo. Se ha observado en algunas especies de tisanópteros, coleópteros, dípteros, etc.

3.2.3. Partenogénesis

Ocurre cuando los óvulos o huevos completan su desarrollo sin ser fertilizados por los espermatozoides. Puede ser *ocasional* (en aquellas especies que normalmente son bisexuales) o bien *regular*, cuando aparece de forma normal en una especie. En este tipo de partenogénesis regular se pueden dar diferentes opciones:

- Es **obligada** en una especie cuando no se conocen los machos, o no son funcionales, y por tanto sólo existen hembras.
- Es **facultativa**, en la especie coexisten la forma de reproducción bisexual o anfígónica (es decir, intervienen los dos sexos con sus gametos) con la partenogénesis.
- Es **haploide** cuando los huevos que se desarrollan de forma partenogenética son haploides.
- Es **diploide** cuando esos huevos son diploides.

Cuando de los huevos con desarrollo partenogenético se produce un individuo macho se dice que es una partenogénesis **arrenotoca**, y si el individuo es hembra se llama **telitoca**, y si pueden salir indistintamente de uno u otro sexo se llama **anfitoca**.

3.2.4. Poliembrionía

Es un tipo de reproducción que se da en algunas especies de himenópteros parasitoides. De un huevo inicial que la hembra deposita en el huésped surgen varios embriones por sucesivas divisiones que ocurren en el interior del huevo, pudiendo aparecer decenas o centenares de nuevos descendientes.

3.2.5. Pedogénesis

Algunas especies (aunque pocas) poseen en su estado inmaduro ovarios funcionales, y los huevos que se forman se desarrollan partenogenéticamente en su interior, muchas veces de forma vivípara. Se da en algunos cecidómidos (dípteros), donde las larvas, al salir de la madre, normalmente la matan. Muchos áfidos de desarrollo partenogenético y vivíparo pueden considerarse también como pedogénicos, pues las hembras todavía no totalmente desarrolladas llegan a tener ovarios funcionales y comienzan a formar sus embriones.

3.2.6. Hermafroditismo

Es un tipo de reproducción bastante raro entre los insectos. Como ejemplo está la cochinilla acanalada (*Icerya purchasi*), un cóccido (homóptero) plaga de cierta importancia en cultivos cítricos. Los machos son muy raros en esta especie, y entre las hembras existe un tipo especial que en sus gónadas puede producir los dos tipos de gametos, masculinos y femeninos. Estos pueden unirse, produciéndose la fertilización en su interior, o bien ser fecundada por un macho, cuyos espermatozoides fertilizan al huevo. Los huevos no fertilizados dan machos por partenogénesis.

3.3. DESARROLLO DE LOS INSECTOS

El desarrollo o crecimiento de los insectos depende directamente de la temperatura. Mientras más caliente sea la temperatura ambiental, menos tarda un insecto en llegar a la etapa adulta. A eso se debe que en zonas bajas, donde hace mucho calor, se encuentre ataque fuerte de insectos, mientras que en zonas altas donde hace frío, los problemas de insectos son menos importantes.

Para identificar insectos es necesario saber cómo se desarrollan durante su ciclo de vida. Los insectos tienen piel rígida y por lo tanto tienen que mudar la piel para poder crecer. La forma de un insecto puede cambiar mucho durante el proceso de muda. Este cambio de forma de una etapa a otra se llama metamorfosis. Normalmente para identificar insectos se requiere de adultos ya que éstos no sufren más cambios de forma o tamaño, sino que su forma refleja la característica de su especie.

En la agricultura, de manera práctica, existen **dos grandes grupos de insectos** de acuerdo al número de etapas por las que pasan durante su ciclo de vida: **los insectos de tres y los de cuatro etapas.**

3.3.1. INSECTOS DE TRES ETAPAS

Pasan por las etapas de huevo, joven o ninfa y adulto (Figura 3.1a, 3.1b).

1. Los huevos no se alimentan y generalmente están escondidos, por lo que su control con insecticidas es poco probable. En la mayoría de insectos, los huevos fértiles, producto del apareamiento de las hembras, dan origen a los jóvenes; sin embargo, en algunos insectos el apareamiento no es necesario para la reproducción. En estos casos, la hembra puede parir jóvenes hembras genéticamente exactas a ella (como en el caso de los áfidos) o los huevos no fértiles dan origen a insectos macho (como en el caso de la mosca blanca o las abejas).
2. El joven o ninfa generalmente se parece al adulto, pero es más pequeño, no tiene alas y no se puede reproducir (no ha alcanzado madurez sexual).
3. Los jóvenes y los adultos de una misma especie generalmente se alimentan de lo mismo y se encuentran en el mismo lugar, lo cual facilita su manejo. Con el uso de insecticidas, uno puede controlar 2 de las 3 etapas del ciclo existentes, por lo que la reinfestación del insecto depende de la sobrevivencia de la etapa de huevo en el cultivo y de la llegada de nuevos adultos provenientes de hospederos alternos. Ejemplos: áfidos, mosca blanca, chinches, chicharritas, esperanzas, etc.



Figura 3.1a. Insectos de tres etapas. Obtenido del internet



Figura 3.1b. Insectos de tres etapas. Obtenido del internet

3.3.2. INSECTOS DE CUATRO ETAPAS

Pasan por las etapas de huevo, gusano o larva, capullo o pupa y adulto (Figura 3.2). Este grupo de insectos resulta más difícil de manejar que el de tres etapas debido a lo siguiente:

1. Los adultos generalmente no se encuentran en el mismo lugar ni se alimentan de lo mismo que sus respectivas larvas; por lo tanto, difícilmente una medida de control logra afectar a estas dos etapas al mismo tiempo. Ejemplo: gallina ciega se alimenta de raíces y ocurre en el suelo y su adulto, el ronrón de Mayo, es de vida libre y se alimenta del follaje de árboles.

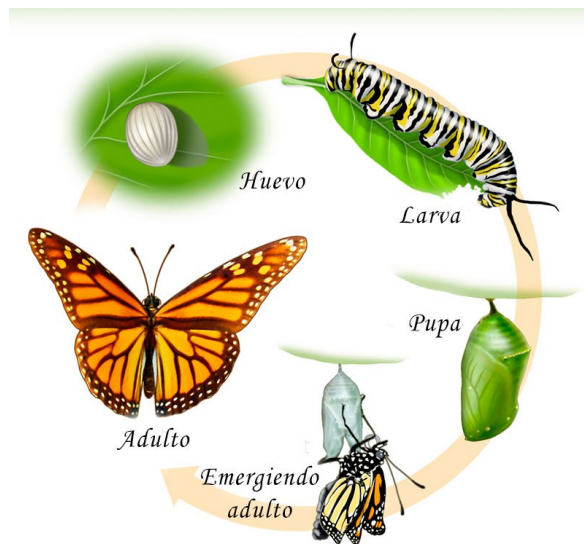


Figura 3.2. Insectos de cuatro etapas Obtenido del internet

2. Los adultos y las larvas no se parecen en nada. Esto permite que el productor ignore al adulto y no reflexione sobre su necesidad de controlarlo porque le parece inofensivo por no alimentarse del cultivo. En maíz, por ejemplo, el adulto de cogollero es una palomilla nocturna que se alimenta de néctar de flores pero que en un periodo de 15 días es capaz de poner alrededor de 1500 huevos que darán origen a 1500 cogolleros.
3. Existen 2 etapas dentro del ciclo de vida que generalmente escapan al control por estar escondidas y no alimentarse: el huevo y el capullo o pupa. Este hecho no permite la posibilidad de control de una especie plaga con una única medida de control, como el uso de insecticidas, porque las etapas del ciclo no ocurren juntas ni se alimentan de lo mismo.
4. La reinfestación de la plaga dentro de un cultivo suele ser continua, porque es imposible controlar más de 2 etapas al mismo tiempo. Además, la entrada de nuevos adultos también puede ser permanente si no se controlan los hospederos alternos de la plaga en los alrededores del cultivo.

La identificación correcta de un insecto plaga o de un patógeno causante de enfermedad, el conocimiento de su ciclo de vida y de sus hospederos alternos por parte del estudiante

es de vital importancia para el diseño de estrategias de manejo de dicha plaga. De manera práctica, si un insecto tiene etapa de joven (es decir que se parece al adulto pero es más pequeño y no puede volar) es de tres etapas, y si, por el contrario, tiene etapa de gusano, es de cuatro etapas.

3.4. ESTADIOS DE DESARROLLO

El desarrollo de los insectos se suele dividir en dos fases: embrionario (**embriogénesis**) y postembrionario (**morfogénesis**). El primero tiene lugar en el interior del huevo (fertilizado o no) y conlleva todos los procesos de división, diferenciación celular y formación del embrión. Al finalizar la fase embrionaria, del huevo eclosiona un individuo que siempre es inmaduro (suele denominarse como *larva* o *ninfa*), que puede estar más o menos desarrollado y con el que empieza el desarrollo postembrionario, que culmina con la aparición del insecto *adulto* perfecto o *imago*, tras varios procesos de crecimiento y transformaciones (Figura 3.3).

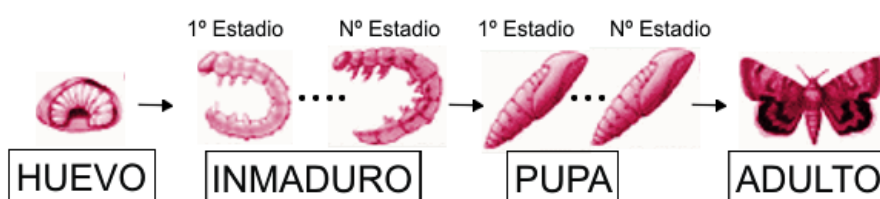


Figura 3.3. Estadios de desarrollo de los insectos. Obtenido del internet

En la terminología entomológica más actual se denomina *estado* al momento del desarrollo en el que el insecto presenta la misma forma, definiendo las principales divisiones del ciclo biológico: huevo, estado inmaduro (larva o ninfa), pupa, y adulto.

El término estadio implica las distintas fases por las que pasa el insecto en su estado inmaduro, según las mudas que haya realizado, y viene a ser una medida del tiempo o intervalo entre mudas. Se habla de que un insecto está en su primer estadio larvario o ninfal cuando ha salido del huevo y no ha realizado la primera muda; el segundo estadio larvario o ninfal se sitúa entre la primera y la segunda muda, y así sucesivamente hasta que aparezca el adulto.

El término instar se utiliza para definir la forma del insecto entre dos apolisis, es decir, entre dos mudas, y así se suele decir que el insecto está en el primer instar larvario o ninfal, en el segundo, y así sucesivamente. Este término se utiliza cada vez menos, siendo sustituido por el término estadio.

3.4.1. EMBRIOGÉNESIS

Embriogénesis es un proceso de desarrollo, que por lo general comienza una vez que el óvulo ha sido fecundado. Se trata de la multiplicación de las células (por mitosis) y su posterior crecimiento, y al movimiento y la diferenciación en todos los tejidos y los órganos de un insecto vivo dentro del huevo.

Es un proceso continuo de división mitótica del cigoto. Como resultado de esta repetida multiplicación intravitelina aparecen un elevado número de núcleos con su correspondiente halo de citoplasma, distribuidos entre el vitelo. Estos núcleos emigran hacia las regiones periféricas del huevo (el periplasma o citoplasma cortical), donde forman una capa que sigue multiplicándose hasta recubrir enteramente su superficie. Al mismo tiempo van apareciendo tabiques entre los núcleos que van definiendo las células,

que finalmente crean una capa continua que recubre el vitelo. Esta capa de células se denomina **blastómero** o blastodermo y el huevo se encuentra en la fase de blástula.

Desde la fase de blástula se producen una serie de cambios en el blastómero que iniciarán la formación del embrión, acompañadas por diversas invaginaciones (gastrulación) de éste que darán lugar a unas capas celulares: el mesodermo, el endodermo y el ectodermo, a partir de las cuales se formarán los tejidos y órganos del insecto. Aparecen un grupo de células separadas del blastómero, las células polares, que formarán las gónadas. Durante todo este proceso el vitelo aporta el alimento necesario.

La deposición de los huevos por la hembra es lo que se conoce como **oviposición**, y es muy variable (Figura 3.4).

- Muchos insectos fitófagos realizan la puesta **sobre el sustrato vegetal**: sobre las hojas, pegados al tallo, en los frutos, flores, en oquedades de las plantas. También ocurre que las hembras hagan la puesta en el interior del sustrato vegetal, taladrando la superficie del vegetal en mayor o menor profundidad. Hay muchos insectos que hacen la puesta en el suelo, generalmente cerca de la planta que les servirá de alimento.
- Los insectos parasitoides suelen dejar sus huevos **dentro del insecto huésped**, usando su ovipositor, y también dejando el huevo junto al insecto, de forma que cuando salga la larva sea ella la que penetre en el huésped. A veces no penetra y se queda pegado a él, pero esto ocurre cuando el huésped tiene algún tipo de cubierta protectora (caso de muchos cóccidos, o de larvas minadoras de varios grupos de insectos).
- Los insectos depredadores suelen hacer la puesta en lugares donde la larva que emerja encuentre fácilmente la presa.

Los huevos pueden depositarse agrupados o aislados. En ambos casos pueden presentar diferentes características: pueden estar libres, sin secreciones aparentes que los recubran, o cubiertos de escamas o pelos que la hembra obtiene de su cuerpo, o de secreciones que la hembra depone para unir todos los huevos y que sirva de protección, pueden estar en el extremo de pedúnculos más o menos largos, incluso pueden estar resguardados en cápsulas producidas por la hembra mediante secreciones de glándulas que se endurecen, sirviendo de resguardo a la puesta.

En cuanto a la forma, ésta es muy variable, y depende de la especie en cuestión. Las formas más comunes son: esféricos, en forma de bala, ovoides, alargados, en forma de tonel. Dentro de la forma podemos considerar también el aspecto de su superficie: los hay que son lisos, pero también son frecuentes con estrías, dibujos o resaltes.

El color de un huevo recién depositado suele ser claro, entre blanco y amarillo claro, aunque también los hay que presentan algunos colores en el momento de la puesta. Conforme evoluciona el huevo suele cambiar su color, oscureciéndose.

El tamaño del huevo de los insectos es relativamente grande en relación con el organismo que los forma y con el resto de células, debido a la acumulación de reservas. Puede llegar a ser de varios mm. En el extremo más pequeño, caso de insectos parasitoides, su tamaño se encuentra entre 0.02 y 0.28 mm.

La duración como estado de huevo es variable. Se dan casos de que sólo dure unas pocas horas, o incluso que llegue a durar varios meses, pero lo más frecuente es que sea cuestión de días. En cualquier caso, el tiempo en la fase de huevo está muy influida por la

temperatura: conforme disminuye ésta del valor óptimo, el tiempo que pasa en el estado de huevo aumenta.



Figura 3.4. Diferentes tipos de huevos de insectos. Obtenido del

3.4.2. MORFOGÉNESIS

Una vez que el insecto ha eclosionado del huevo por lo general es capaz de sobrevivir por sí mismo, pero es pequeño, sin alas, y sexualmente inmaduro. Su papel principal en la vida es comer y crecer. Si sobrevive periódicamente crecerá y sustituirá su exoesqueleto (en un proceso conocido como muda). En muchas especies, hay otros cambios físicos que también se presentan cuando el insecto crece (crecimiento de las alas y el desarrollo de los genitales externos, por ejemplo). En conjunto, todos los cambios que implican el crecimiento, la muda y la maduración, se conoce como la **morfogénesis**.

ECLOSIÓN

Cuando el insecto está en condiciones de salir del huevo, este tiene que forzar su camino a través del corion para llegar al exterior. En muchos casos el corion es roto por las “de eclosión”, localizadas en la cabeza u otras partes del cuerpo. En otros casos (Hemípteros

y Ftrápteros), existe un opérculo o caperuza preformada que es empujada por el insecto en el momento de su salida (Figura 3.5). En el caso de las larvas de lepidópteras usan las mandíbulas. La fuerza empleada en la salida del huevo es debida, sobre todo, a la actividad muscular, pero previamente el insecto puede inhalar aire o líquido amniótico y el aumento en volumen y turgencia tiene una gran importancia en el proceso.

CRECIMIENTO

Los insectos crecen en ciclos alternativos entre los cuales se producen las mudas. Los tejidos pueden crecer mediante la multiplicación de las células, gracias a un aumento de tamaño de cada célula o mediante ambos procesos simultáneamente.

La cutícula blanda de algunos insectos se estira considerablemente durante el crecimiento, pero partes más endurecidas, tales como la capsula cefálica, crecen discontinuamente y el aumento de tamaño se hace aparentemente después de cada muda. Las partes del cuerpo tienden a crecer con índices distinto de unas de otras y del total del cuerpo. Como consecuencia, frecuentemente se produce un crecimiento alométrico.

MUDA

El crecimiento de tamaño de los insectos se produce en su fase inmadura y es imprescindible para llegar al estado adulto, pero una vez que lo alcanzan ya no aumentan su tamaño, y por tanto no necesitan hacer ninguna muda. En este crecimiento de tamaño los insectos no pueden extender de forma indefinida la cutícula que forma su exoesqueleto, de forma que deben cambiarla por otra ligeramente más grande que les permita crecer. Este fenómeno del cambio del exoesqueleto o cutícula es lo que se llama muda (Figura 3.6).

El proceso de muda es provocado por hormonas que se liberan cuando el crecimiento de un insecto llega a los límites físicos de su exoesqueleto. Cada muda representa el final de una etapa de crecimiento (estadio) y el comienzo de otra. En algunas especies de insectos el número de estadios es constante (típicamente de 3 a 15), pero en otros puede variar en respuesta a la temperatura, la disponibilidad de alimentos, u otros factores ambientales. El último estado de un insecto se conoce como imago (adulto), y es en este momento cuando se llega en la madurez sexual. En este punto, la muda se detiene y la energía para el crecimiento se canaliza hacia la producción de óvulos o esperma (Figura 3.7).

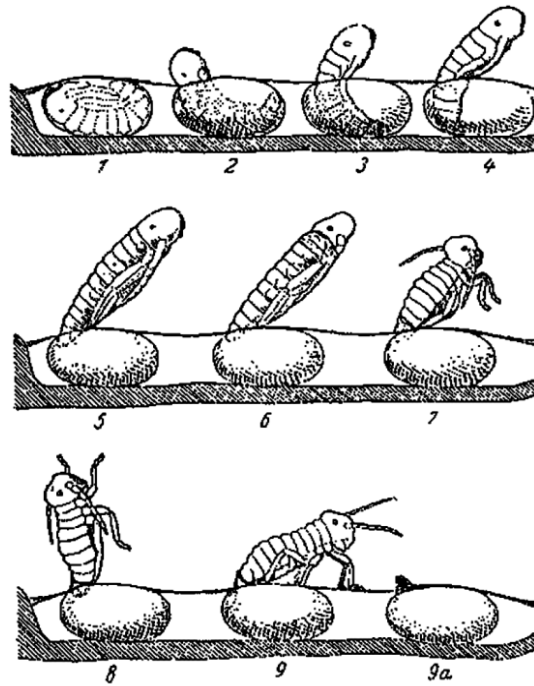


Figura 3.5. Etapas sucesivas durante la eclosión del huevo. Obtenido del internet.

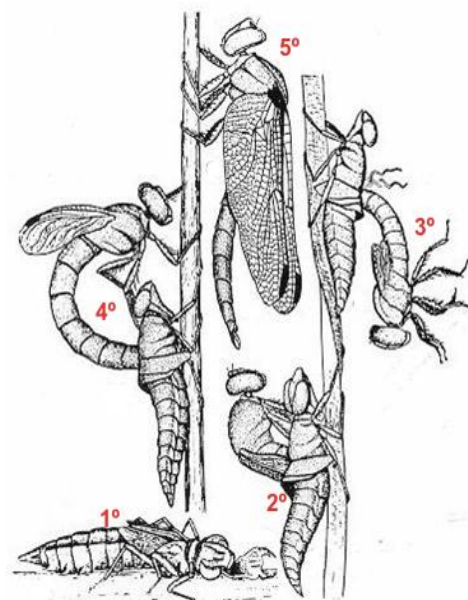


Figura 3.6. Etapas sucesivas durante la muda de un ODONATO. Obtenido del internet.

En la muda se distinguen dos momentos clave: el primero es **la apolisis**, en el que se separa la vieja cutícula de la epidermis, dejando un espacio entre ellas que será rellenado por un fluido segregado por las células epidérmicas, llamado fluido de mudas. En este momento se empieza a formar la nueva cutícula, empezando por la deposición de la epicutícula sobre las células de la epidermis. La deposición de la nueva procutícula la realiza la epidermis aprovechando los componentes de la antigua endocutícula, que son disueltos por el fluido de muda. El fluido de mudas está compuesto por proteasas y quitinasas. Esta procutícula se deposita en una forma plegada. El segundo momento clave en la muda es cuando ya está muy avanzada la formación de la procutícula; se produce entonces la rotura por unas zonas específicas (situadas en la cabeza y tórax) de lo que queda de la vieja cutícula (reducida a la exocutícula y epicutícula), y el insecto sale, por decirlo así, al exterior. A esta rotura se le llama **ecdisis**. El resto abandonado de la cutícula se llama exuvio.

El proceso de la muda empieza verdaderamente con la multiplicación de las células de la epidermis, en una fase de preparación previa a la ecdisis. Una vez que el insecto ha salido del exuvio, todavía tiene que terminar de depositar parte de los componentes que caracterizan a la cutícula, especialmente las esclerotinas que se depositan en la procutícula para dar lugar a la exocutícula, y la capa de ceras más externa.

En la muda no sólo se desprende la exocutícula que recubre el cuerpo y los apéndices, sino también el endoesqueleto y el revestimiento de las tráqueas, estomodeo y proctodeo.

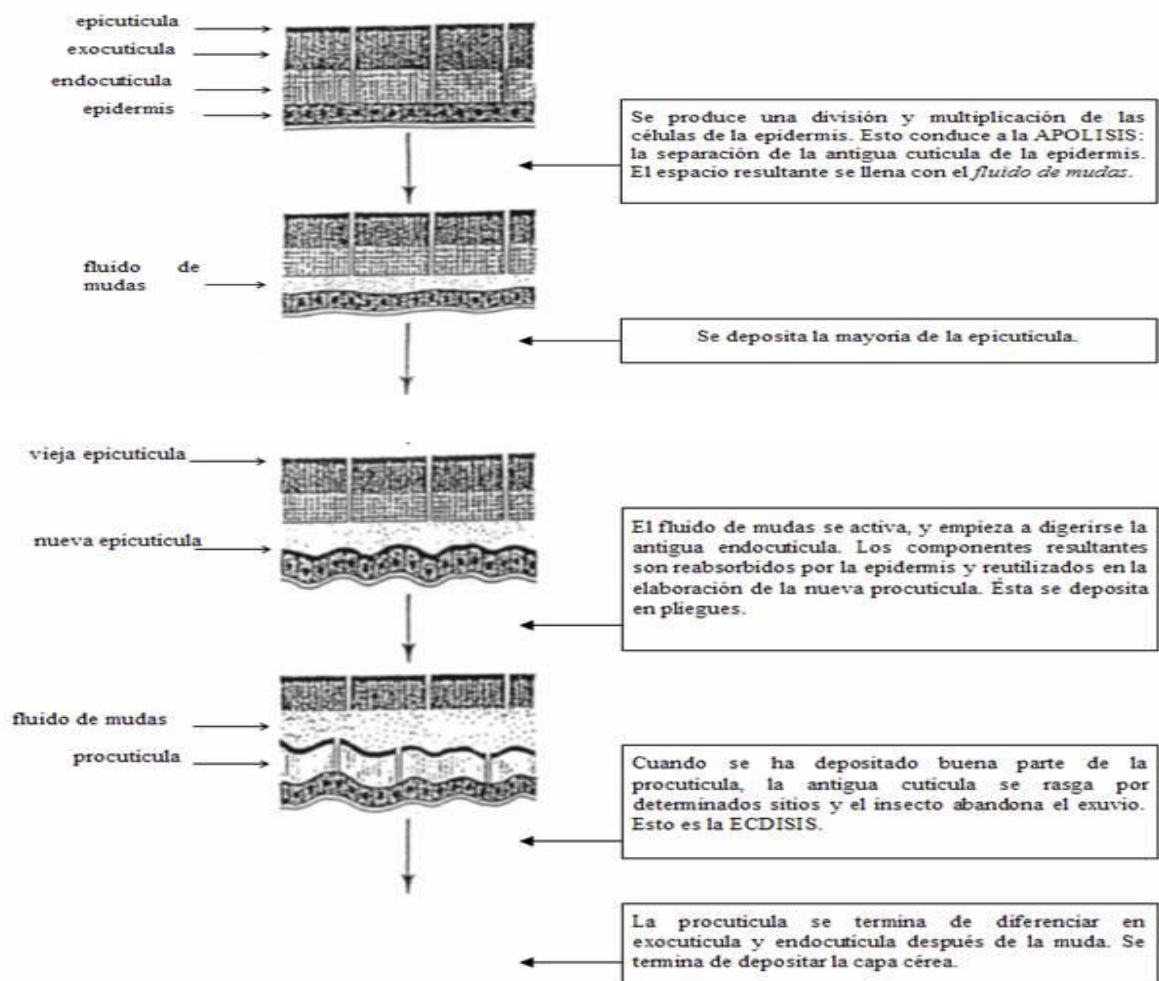


Figura 3.7. Esquema del proceso de muda en los insectos. Obtenido del internet.

3.5. METAMORFOSIS

Cada vez que una muda, el insecto se pone un poco más grande. También puede cambiar físicamente de otra manera, en función de su tipo de metamorfosis que puede ser: ametabola, hemimetábola u holometábola (Figura 3.8, 3.9).

3.5.1. Ametábolo

Los insectos ametabolo, se someten a un gradual o nulo cambio estructural a medida que crecen. Los inmaduros se llaman los jóvenes, son físicamente similares a los adultos en todos los sentidos, excepto la madurez sexual y el tamaño. Aparte de su tamaño, no hay ninguna manifestación externa de su edad o estado reproductivo.

3.5.2. Hemimetábolo

Los insectos hemimetábolos presentan cambios graduales en la forma del cuerpo durante la morfogénesis (Figura 3.10).

Los inmaduros se llaman ninfas o náyades (si son acuáticos). La maduración de las alas, los genitales externos, y otras estructuras de adultos se produce en pequeños pasos de muda a muda. Las alas pueden estar completamente ausentes durante el primer estadio, en el segundo o tercer estadio aparecen nudos de alas, y crecen con cada muda hasta que estén totalmente desarrolladas y funcionales en la etapa adulta. Los cambios del desarrollo que ocurren durante la metamorfosis gradual son generalmente visibles externamente cuando el insecto crece, pero los adultos conservan los mismos órganos y apéndices que las ninfas (ojos, piernas, partes bucales, etc.). Otras características de los hemimetábolos son:

- Aparato bucal de los inmaduros similares al del adulto.
- Existen ojos compuestos en las ninfas.
- Las ninfas tienen hábitos similares al adulto.
- No existe el estado de pupa.

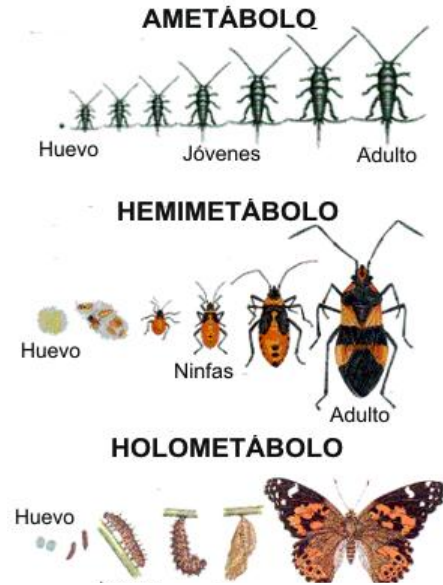


Figura 3.8. Tipos de desarrollo de los insectos. Obtenido del internet

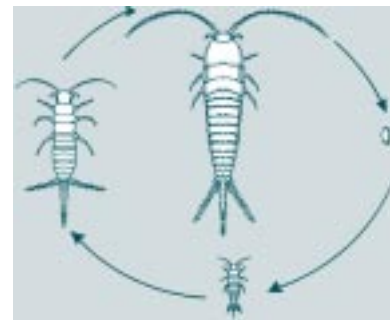


Figura 3.9. Metamorfosis ametábola. Obtenido del internet

Metamorfosis Incompleta

Solamente 12% de los insectos tienen una metamorfosis incompleta de tres etapas de: Huevos, Ninfas y Adultos incluyendo:

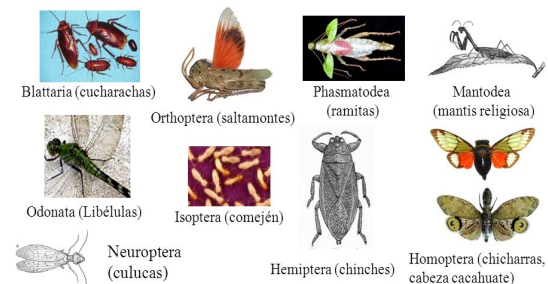


Figura 3.10. Metamorfosis incompleta. Obtenido del internet

3.5.3. Holometábolo

Los insectos holometábolos tienen formas inmaduras (larvas) que son muy diferentes de los adultos. Las larvas son las "máquinas de la alimentación", adaptado sobre todo para el consumo de alimentos y crecimiento en tamaño. Se hacen más grandes en cada muda, pero no adquiere ninguna característica de los adultos (Figura 3.11). Cuando están bien desarrolladas, las larvas mudan a una etapa inmóvil, denominado pupa, y se someten a una transformación completa (Figuras 3.12 a, b).

Los órganos de larvas y apéndices se descomponen (digestión interna) y son reemplazados con nuevas estructuras propios de los adultos, que crecen a partir de discos imaginales (grupos indiferenciado (embrionario) del tejido que se forman durante la embriogénesis, pero permanecen latentes en todo el estadio larval). La etapa de adultos, que generalmente presenta alas, es principalmente adaptada para la dispersión y la reproducción de la especie. Otras características de los estados inmaduros son:

- Aparato bucal y hábitos alimenticios muy distintos entre larvas y adultos (la excepción son los coleópteros).
- Los ojos de las larvas son raramente compuestos.
- No tienen rudimentos alares, aunque a veces puedan aparecer de forma interna.
- Existe un estado de desarrollo quiescente, la pupa, en el interior del cual ocurre la transformación a adulto.

METAMORFOSIS COMPLETA



Figura 3.11. Metamorfosis completa. Obtenido del internet.

Metamorfosis Completa

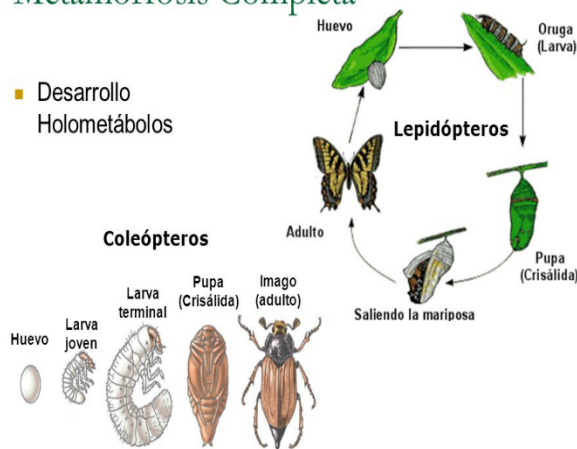


Figura 3.12a. Metamorfosis completa. Obtenido del internet.

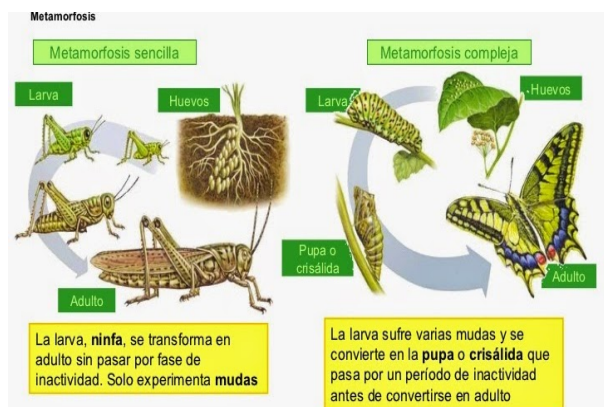



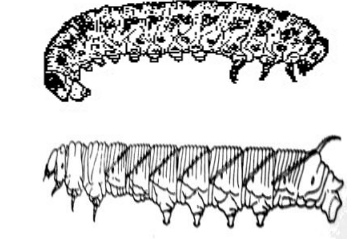
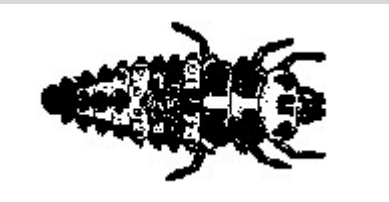
Figura 3.12b. Metamorfosis sencilla y compleja. Obtenido del internet.


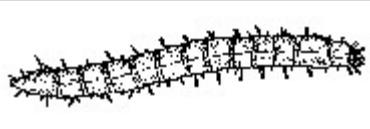
3.6. LARVA: TIPOS

La larva de los insectos holometábolos exhibe una enorme gama de variaciones estructurales y está adaptada para vivir en una muy amplia variedad de medios ambientales. En general se pueden distinguir por una serie de características externas como: no tiene ojos compuestos, pero en su lugar se encuentra uno o más ocelos laterales; faltan ocelos dorsales. Carecen de rudimentos alares externos y apéndices genitales, aunque usualmente se puede encontrar rudimentos internos bajo la cutícula de la larva más desarrollada. Finalmente el tegumento es comúnmente menos endurecido y en algunos casos la capsula cefálica, los apéndices cefálicos y las patas están muy reducidos e incluso faltan (Figura 3.13).

Las larvas pueden agruparse en una de las cinco categorías basadas en la apariencia física (Tabla 3.1):

Tabla 3.1. Agrupación de larvas basadas en su apariencia física.

Nombre	Descripción	Apariencia
Vermiforme	Las larvas de este grupo no poseen apéndices locomotores junto a la cabeza (es decir, no tienen patas verdaderas), aunque a veces pueden presentar falsas patas o pseudópodos en el abdomen, viven en medios confinados (interior de plantas, animales, carroña, excrementos) donde se encuentra su alimento, en terrenos inundados o en el agua. Aquí también se pueden dar diferentes morfologías, dependiendo si poseen cápsula cefálica o no	
Eruciforme o Polipoide	Cuerpo cilíndrico con patas torácicas cortas y 210 pares de patas abdominales. Tipificado por los Lepidópteros y muchos Tenthredinidae. En el caso de los Lepidópteros son denominados orugas.	
Campodeiforme	Cuerpo alargado, aplanado, con antenas prominentes y/o cercos. Patas torácicas adaptadas para correr. Propio de los Coleópteros (Carabidae).	

Escarabeiforme	Cuerpo más o menos cilíndrico, poco esclerotizadas (color blanquecino), curvadas, con el último segmento normalmente más engrosado, de tamaño relativamente grande. Patas cortas, de vida más sedentaria. Suelen vivir en el suelo cerca del alimento, en tejidos vegetales, madera, etc. Es frecuente en los coleópteros.	
Elateriforme	Cuerpo alargado y fino, esclerotizado y endurecido, de color marrón (claro u oscuro) o amarillo. Suelen vivir en el suelo, o en sitios con comida abundante. Es típica de coleópteros.	

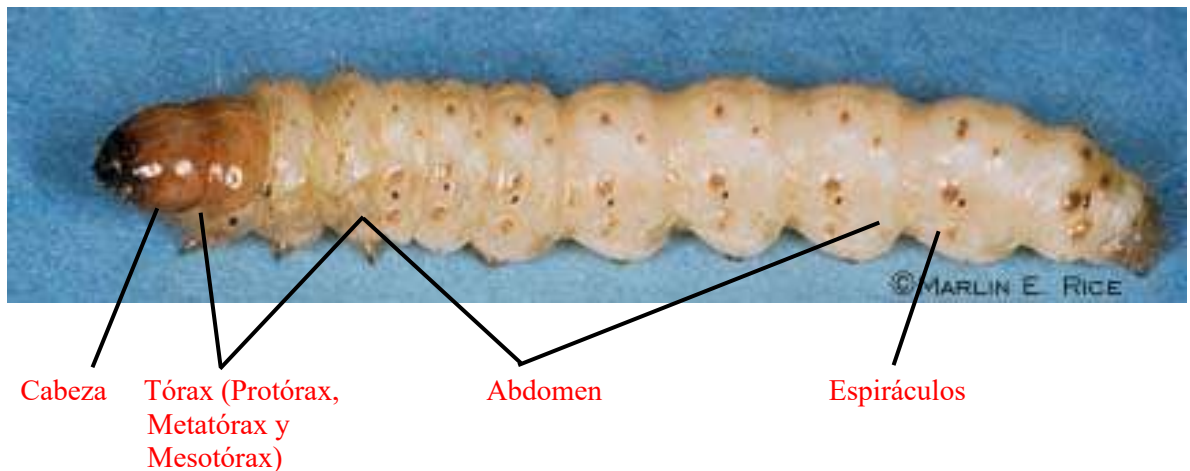


Figura 3.13. Partes de las larvas de insectos holometábolos. Obtenido del internet.

3.7. PUPA: TIPOS

En cuanto a las pupas, son el instar inactivo de los insectos holometábolos, aunque también puede presentarse en algunos hemimetábolos (en tisanópteros y machos de cóccidos). Es una intermuda o etapa de reposo que aparece entre el último estadio larvario y el adulto. En la pupa se producen los cambios necesarios, tanto internos como externos, necesarios para que de la larva surja el adulto adaptado a sus nuevas funciones.

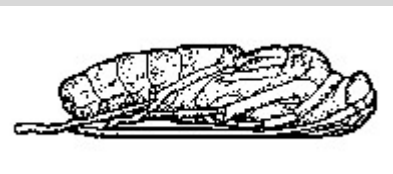


Aunque externamente no se aprecie gran actividad, en el interior de la pupa se produce una dramática reorganización de los tejidos, empezando por la liquación de los existentes en la larva, y en la formación de los nuevos tejidos y sistemas del futuro adulto. Esto incluye la formación y crecimiento de las alas y el desarrollo de los músculos del vuelo. Algunas pupas poseen cierta autonomía de movimientos, que les permite nadar o andar dentro del agua, o desplazarse en el suelo o el interior de tallos o de la madera.

Muchas larvas se ocultan antes de pasar a la fase de pupa con el fin de proteger esta fase tan vulnerable. Buscan refugio en el suelo, donde fabrican una cámara, o la larva fabrica un capullo sedoso, que a veces se recubre de otras sustancias (partículas de tierra o

vegetales, virutas, excrecencias del propio cuerpo). En muchas especies es también el estado en el que el insecto sobrevive a las condiciones ambientales adversas al entrar en diapausa.

Los tipos de pupa se pueden definir de forma sencilla según tengan los apéndices del cuerpo (antenas, piezas bucales, patas) pegados o no al cuerpo (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Tipos de pupa según los apéndices del cuerpo.

Nombre	Descripción	Apariencia
Exarada o libre	Los apéndices están separados del cuerpo del insecto. Es típica de la mayoría de coleópteros, himenópteros, y neurópteros, y en algunos lepidópteros.	
Obtecta o enfundada	Los apéndices están soldados al cuerpo de la pupa. Es la común en los lepidópteros (se le suele llamar crisálida), pero también la presentan los coleópteros coccinélidos, los dípteros nematoceros y los himenópteros calcídidos. La cutícula suele estar más endurecida y oscura que en las exaradas.	
Coartada	Es un caso especial que se da en dípteros ciclorrafos, y en algunos himenópteros, donde la larva segrega una cubierta endurecida (pupario), y dentro de ella está la verdadera pupa, que es exarada.	

3.8. HIPERMETAMORFOSIS

Los insectos en los que dos o más de los sucesivos estadios larvarios difieren ampliamente en su forma, se dice que presentan una hipermetamorfosis. El proceso es característico de algunos grupos parásitos y las alteraciones en la forma larvaria van acompañadas por cambios en la forma de vida. Así en *Meloidae* el primer estadio es una activa larva campodeiforme que resulta transportada al nido de su hospedante, y una vez en él, muda a una larva de cuerpo blando y patas cortas; y más adelante en uno o más estadios carnosos, sin patas o patas vestigiales.

3.9. LONGEVIDAD

Los insectos pueden tener varias generaciones al año, y eso es lo que se denomina como *voltinismo*. Los insectos con una sola generación anual se denominan *univoltinos*, cuando tienen dos generaciones *bivoltinos*, y si tienen varias *polivoltinos*.

La mayoría de los insectos necesitan menos de un año para completar su ciclo vital. Los insectos de pequeño tamaño suelen tener más generaciones que los grandes en el mismo período. En cualquier caso, el tiempo necesario para completar su desarrollo inmaduro está muy influido por la temperatura, la nutrición y otros factores. Dentro de un rango normal entre 15 y 35 °C, el tiempo de desarrollo aumenta conforme la temperatura disminuye.

Aquellos insectos que viven en ambientes secos y se nutren de un alimento deficiente requieren normalmente más tiempo para llegar a la madurez. Por ejemplo, aquellos que se alimentan de la madera (coleópteros cerambícidos, bupréstidos y bostríquidos; lepidópteros cósidos; y algunos himenópteros) pueden necesitar de 1 a 3 años para completar su desarrollo. En algunos casos se llega hasta 20 y más.

Algunas cícadas (homópteros) pueden pasar entre 13 y 17 años en estado inmaduro alimentándose de las raíces. Otros insectos pueden tener generaciones que apenas duran 20 a 30 días, siempre que las condiciones sean favorables, como son algunos tisanópteros, homópteros aleyródidos y áfidos, dípteros, etc.

En cuanto a la longevidad de los adultos, también está influida por la temperatura, el alimento, y otros factores. Puede durar desde unas horas (en Efemerópteros) hasta un año. Entre los adultos que viven más tiempo cabe citar a las castas reproductoras de insectos sociales: la abeja reina de 2 a 3 años; la hormiga reina hasta 18 años; termita reina hasta 12 meses.

En general, conforme la temperatura disminuye (dentro del rango antes mencionado) la longevidad de los individuos aumenta, puesto que el metabolismo de los insectos está directamente relacionado con la temperatura.

3.10. REFERENCIAS

Borror DJ, De Long DM, Triplehorn CA (2005) An introduction to the study of insects. Quinta edición. Saunders College Publishing. Philadelphia, USA. 928 p.

Gallo D (ed.) (1978) Manual de Entomología Agrícola Editorial Agroeconómica Ceres Ltda. Sao Paulo. 531 p.

Rogg HW (2000) Manual de Entomología Agrícola de Ecuador. Ediciones ABYAYALA, Quito, Ecuador. ISBN: 9978-41-358-8. 712p. Disponible en file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/xdoc.es_manual-de-entomologia-del-ecuador--pdf-free.pdf

Lastres L, Argüello H (2008) Identificando Insectos Importantes en la Agricultura: Un enfoque popular. 2da ed. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central PROMIPAC, ZAMORANO, COSUDE. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 90p. Disponible en <https://es.calameo.com/read/005341618dd242ca363ad>

Metcalf CI, Flint W., Met RF (1979). Insectos destructivos e insectos útiles Compañía Editorial Continental S.A. México.

Ross HH (1973) Introducción a la Entomología General y Aplicada. Ediciones Omega, Barcelona.

Zumbado MA, Azofeifa D (2018) Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. Disponible en <file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/insectosimpagri-web.pdf>

CAPÍTULO IV

TAXONOMIA DE LOS INSECTOS



TAXONOMIA DE LOS INSECTOS

Washington Narváez Campana, Carlos Castro Piguave, Marcos Manobanda Guamán

Resumen

En este capítulo se hizo un gran esfuerzo de presentar las últimas clasificaciones taxonómicas de los insectos, que cada vez son actualizados. No pretendemos de ninguna manera mencionar que es la única, sino simplemente mostrar que los expertos hacen muchos esfuerzos para clasificar a los insectos. De ahí que se hace una descripción y discusión de lo más relevante de la taxonomía a la que pertenecen los insectos, los principales ordenes de los insectos de tres y cuatro pares de patas, las clases y subclases, las divisiones y las familias. Este es un capítulo muy complejo, pero importante para clasificar los insectos.

Palabras clave: Orden, familia, clase, suclase, divisiones, familias, especies.

4.1. ÓRDENES Y FAMILIAS DE INSECTA

Los insectos son diferentemente organizados según los distintos expertos taxónomos. Muchos grupos fueron cambiados en los últimos años por nuevas revelaciones y conocimientos sobre el grado de parentesco de las especies insectiles. Los autores adaptaron estas reformas taxonómicas y sistemáticas propuestas y sugeridas por diferentes expertos en su campo y adaptaron la sistemática de los insectos a continuación. El sistema de los insectos presentados tampoco es completo, sino que fue reducido según los criterios de los autores:

**Clase: INSECTA (=HEXAPODA)
HEMIMETABOLIA (=EXOPTERYGOTA)**

Son insectos con metamorfosis o desarrollo incompleto: huevo, ninfa, adulto; (falta un estadio pupal verdadero)

4.2. PRINCIPALES ÓRDENES

Reino Animalia

Phyllum Arthropoda

Clase Insecta

Dentro de la Clase Insecta parece estar bastante reconocido dividir el grupo en dos subclases:

1. **Subclase Apteriygota** (insectos sin alas)
2. **Subclase Pteriygota** (insectos con alas)

Prácticamente, todo lo que vamos a explicar en estas páginas está referido a los insectos con alas, a la **Subclase Pteriygota**.

Las discordancias más grandes en cuanto a las distintas clasificaciones de los insectos viene a partir de aquí, pero para no complicarnos, vamos a ver los Órdenes (que es la siguiente gran categoría taxonómica) más conocidos en el cuadro siguiente:

SUBCLASE APTERYGOTA (PERYGOGENEA): Insectos sin alas:

Orden PROTURA	}	AMETABOLOS O INSECTOS SIN METAMORFOSIS
Orden THYSANURA		
Orden APTERA		
Orden COLLEMBOLA		

SUBCLASE PTERYGOTA (PERYGOGENEA): Insectos con alas:

Orden ORTHOPTERA	}	DIVISION I: EXOPTYERYGOTA (HETEROMETABOLOS) METAMORFOSIS SIMPLE, DIRECTA o INCOMPLETA		
Orden GRYLLOBLATTODEA				
Orden BLATTARIA				
Orden PHASMIDA				
Orden MANTODEA				
Orden DERMAPTERA				
Orden DIPLOGLOSSATA				
Orden PLECOPTERA				
Orden ISOPTERA				
Orden CORRODENTIA				
Orden MALLOPHAGA				
Orden ANOPLURA				
Orden ONONATA				
Orden THYSANOPTERA				
Orden HEMIPTERA				
Orden NEUROPTERA			}	DIVISION II: ENDOPTYERYGOTA (HOLOMETABOLOS).
Orden TRICHOPTERA				
Orden LEPIDOPTERA				
Orden COLEOPTERA				
Orden STREPSIPTERA				
Orden DIPTERA				
Orden SIPHONAPTERA				

4.2.1. SUBCLASE APTERYGOTA

Las formas que integran esta subclase son insectos pequeños y áptero en los cuales la condición áptera se cree es primitiva ya que no hay indicios de que hayan descendido de antecesores alados. El aparato bucal varía: el alguno es chupador, en otro masticador. La metamorfosis es ligera y en algunos casos no existe. Comprende las órdenes: **PROTURA**, **THYSANURA**, **APTERA** y **COLLEMBOLA**, integrados por insectos ampliamente distribuidos. Rasgo característico de estos insectos es la presencia de apéndices abdominales y en especial de los **ESTILETES** que se encuentran en los miembros de la familia Machilidae y otras formas del Orden Thysanura.

ORDEN PROTURA

Insectos diminutos, delgados, de color blanco, sin alas, con metamorfosis ligera, El aparato bucal es entognato masticador-perforador. No tienen ojos compuestos pero están provistos de un par de PSEUDOCELOS. Carecen de antenas visibles. La cabeza es puntiaguda. En los jóvenes, el abdomen tiene cinco segmentos y en el adulto doce; cada uno de los tres primeros segmentos presenta un par de pequeños apéndices ventrales mono o bisegmentados que se llaman PECTINAS. No tienen cercos La metamorfosis que se observa en estos insectos se llama ANAMORFOSIS y consiste en el incremento del número de segmentos del cuerpo, durante el desarrollo post-embionario. El doceavo segmento del abdomen, que se encuentra en los adultos, se designa con el nombre de TELSON.

ORDEN THYSANURA

Insectos pequeños, ápteros de cuerpo alargado y aplanado, desnudo o escamoso; integumento suave; metamorfosis primitiva; aparato bucal masticador, con maxilas largas; antenas largas y multisegmentadas; los ojos compuestos son bien desarrollados, vestigiales o no existen; puede o no existir ocelos; las coxas son pequeñas; los tarsos pueden ser tri o tetrasegmentados, con dos o tres uñas; se encuentran apéndices abdominales estiliformes; los cercos son largos y multisegmentados; se encuentra un filamento caudal medio largo y multisegmentado.

ORDEN APTERA

Son insectos pequeños, muy semejantes a los Thysanura, de color blanco o pálido, aplanados, ciegos y ápteros; el aparato bucal es masticador, la metamorfosis primitiva o ligera; las antenas son largas y multisegmentadas; no existen apéndices coxales; los tarsos son monosegmentados; se encuentran ESTILETES sobre ciertos esternitos abdominales; los cercos son largos y multisegmentados, cortos y con aventuras apicales o pueden estar reemplazados por un par de pinzas esclerotizadas; no existe filamento caudal medio.

ORDEN COLLEMBOLA

El tamaño de estos insectos varía desde muy pequeños hasta diminutos, de color blanco, metamorfosis ligera y aparato bucal masticador; el cuerpo es desnudo o puede también estar cubierto por escamas o pelos. Las antenas son tetra o exasegmentadas; pueden o no existir ojos y cuando existen están representados por no más que ocho omatidios a cada lado; los tarsos y las tibias generalmente están fusionados; el abdomen por lo general presenta un tubo ventral, tenáculum y fécula o fortícula sobre el primero, tercero y cuarto o quinto segmento, respectivamente. De algunas especies el tenáculo y la fortícula no existen.

4.2.2. SUBCLASE PTERYGOTA

Los miembros de esta Subclase son insectos alados; si no tienen alas, sus antecesores las tuvieron y su condición áptera es adquirida. El aparato bucal varía: en algunos es chupador y en otros masticadores. La metamorfosis varía también, pudiendo ser ligera, gradual o completa.

La mayoría de las especies de insectos relacionadas con esta Subclase poseen alas: coleópteros, moscas, avispa, etc. Muchos áfidos, todas las pulgas, piojos, hormigas obreras, insectos escamosos hembras y algunos otros, en cambio, no tienen alas. Las condiciones ápteras de esta forma son adquiridas, ya que se encuentran claras pruebas de que descienden de antecesores alados.

4.2.2.1. DIVISIÓN EXOPTERYGOTA:

PRINCIPALES ÓRDENES DE INSECTOS DE TRES ETAPAS

ORDEN ORTHOPTERA (incluye saltamontes, grillos) insectos masticadores

Son insectos cuyo tamaño varía de mediano a grande; generalmente tienen un par de alas anteriores coriáceas y angostas llamadas TEGMENES y un par posterior de alas membranosas bien desarrolladas que se doblan longitudinalmente (Figura 4.1); cuando están en reposo son cubiertas por los tégmenes. Muchas formas son braquípteras o ápteras.



Figura 4.1. Orthoptera.
Obtenido del internet.

Tienen un aparato bucal masticador poderoso. Tienen ojos compuestos; por lo general dos o tres ocelos y a veces no existen. Se encuentran cercos lagos o cortos, simples o segmentados. La metamorfosis es gradual.

Este es un orden de enorme importancia por el número de especies dañinas que posee. Por lo menos doce mil especies perjudiciales para la vegetación espontánea o cultivada han sido identificadas y se encuentran distribuidas por todo el mundo con excepción de las regiones polares (Figura 4.2). La gran mayoría de estas especies son saltadoras y las patas posteriores están adaptadas para desempeñar esta función. Ciertas especies, en todos los continentes, emigran en hordas inmensas llamadas MANGAS desbastando grandes áreas de vegetación.



Figura 4.2 Langosta.
Obtenido del internet.

En su mayoría son insectos que viven en los campos; algunas especies son subterráneas y otras arbóreas. Se alimentan de casi toda vegetación. Hay pocas formas que son en parte o totalmente depredadoras sobre otros insectos u otros animales de igual tamaño. Con frecuencia los tipos vegetarianos se tornan caníbales cuando les falta alimento.

Prácticamente todas las especies son ovíparas; el tamaño y la estructura de los huevos, la forma y los lugares de oviposición, varían grandemente.

FAMILIA LOCUSTIDAE:

Los miembros de esta familia se encuentran entre los insectos más conocidos. Comprende a los **SALTAMONTES** y a los **LOCUSTIDOS**, que se encuentran distribuidos por todo el mundo. Actualmente el término **SALTAMONTES** está restringido a todas aquellas formas no migratorias que poseen las características de la familia; en cambio el término **LOCUSTIDO** se reserva para todas aquellas formas migratorias y errantes, que poseen las características de la familia. En los tiempos bíblicos, los hebreos ya se referían a este grupo con nueve diferentes nombres, todos los cuales significan **DESTRUCCION**. Todas las grandes masas de tierra con excepción de las zonas frías tienen una o varias especies de locústidos migratorios y tienen que soportar los problemas que ellos acarrear. Muchas especies de saltamontes son también bastante destructoras.

En estos insectos, las antenas raras a veces alcanzan la mitad de la longitud; la cabeza está algo metida dentro del protórax y entre los dos grandes ojos compuestos se encuentran tres pequeños **OCELOS**. En muchas especies, el prosternum se prolonga entre las coxas de las patas anteriores, mediante un proceso semejante a espiga. Las patas anteriores y medias son pequeñas si se comparan con las patas posteriores en las cuales

los fémures están muy engrosados y las tibias bastante alargadas y armadas con dos hileras de espinas, estas patas posteriores sirven admirablemente para la locomoción e impulsan al insecto hacia arriba, para ponerlo en vuelo. Tanto los tégmenes como las alas membranosas sirven para volar; con frecuencia, las alas posteriores están brillantemente coloreadas. Los órganos auditivos constan de un tímpano de forma variada que se encuentra generalmente a ambos lados del abdomen, debajo de la base de las alas, en ambos sexos.

FAMILIA GRYLLOTALPIDAE

Son los insectos más sorprendentes del **Orden**, como su nombre lo indica, son parecidos a topos en miniatura por las grandes excavaciones que realizan y por sus hábitos cavernarios.

En apariencia, difieren grandemente de los grillos típicos; la forma del cuerpo y las patas anteriores están adaptadas para hacer madrigueras en el suelo; las tibias anteriores, especialmente, están adaptadas para cavar, grandemente engrosadas y toman la forma de una mano o de un pie, terminando en fuertes dientes en forma de hojas, llamados Dáctilos.

El color del cuerpo varía de pardo a negro y está cubierto por pelos cortos y finos. Los órganos auditivos están ausentes en la mayoría de individuos; en menor proporción, acontece lo mismo con los órganos cantores.

Los tarsos tienen dos o tres segmentos, dos de los cuales semejan hojas de cuchillo y están situados de tal manera que pueden moverse a través de los dáctilos como hojas cortadoras de una segadora mecánica.

Las antenas de los grillos talpa son mucho más cortas que el cuerpo; los fémures posteriores están pocos agrandados, pero no bien adaptados al salto; el oviscapto no es visible exteriormente. Los cercos pueden ser largos o cortos pero no segmentados. Los tégmenes son cortos y las alas verdaderas sobresalen por detrás como colas.

A pesar de sus hábitos subterráneos, son capaces de volar activamente; casi todas las especies son aladas.

Aun cuando existen seis géneros y cuarenta y tres especies, los grillos talpa se encuentran en todas las regiones templadas y tropicales del mundo. Con frecuencia causan considerables daños en las plantas cultivadas.

ORDEN GRYLLOBLATTODEA

Son insectos ápteros, pequeños, thysanuriformes, con aparato bucal masticador; metamorfosis simple; antenas filiformes, multisegmentadas; ojos compuestos pequeños; no existen ocelos; los tarsos son pentasegmentados; en algunos machos adultos se encuentran lóbulos debajo de cada segmento; los cercos son grandes, con ocho o nueve segmentos; los machos tienen estilos; el oviscapto es excerto y en forma de sable.

ORDEN BLATTARIA

La mayoría de estos insectos son de mediano tamaño o grandes, ápteros o alados, con aparato bucal masticador; la metamorfosis es gradual; el cuerpo ancho y deprimido; el pronoto es grande y se proyecta sobre la cabeza; las antenas son largas, filiformes y multisegmentadas; las patas bastante largas y delgadas; las coxas grandes y libres; los cercos son prominentes, segmentados; insectos frecuentemente provistos de olor especial; veloces corredores.

Las formas más conocidas de este Orden son las **cucarachas** que desde tiempos muy remotos se han encontrado íntimamente relacionadas con la raza humana. Son cosmopolitas.

Normalmente son insectos anchos y planos, con integumento liso, coriáceo y elástico aunque algunas especies están densamente cubiertas de pelos cortos y finos. Los colores generalmente son bastante opacos; varios tintes de pardo, gris, caoba-rojo y negro; sin embargo, muchas formas tropicales son de color verde brillante, amarillo, rojo, anaranjado o combinaciones de estos colores brillantes. Habitualmente son veloces corredores, muy difíciles de capturar. Muchas especies no tienen alas, otras son braquípteras y alrededor de la mitad de las especies conocidas son totalmente aladas.

En este orden se encuentran dos familias importantes, que son:

ORDEN PHASMIDA

Son insectos grandes, enormemente modificados, en forma de varas o de hojas. La metamorfosis es simple; al aparato bucal es masticador; las antenas son generalmente largas, filiformes y multisegmentadas, raras veces cortas; los ojos compuestos son pequeños; puede o no existir ocelos, si existen pueden ser dos o tres. Son insectos alados o ápteros; los tégmenes son pequeños, semejantes a escamas o no existen; los cercos son pequeños y no segmentados.

Estos insectos se encuentran entre los más curiosos y llamativos por las formas que presentan; reciben varios nombres comunes: Varas caminantes, Fásmidos, Insectos rama, Insectos hojas, etc.

ORDEN MANTODEA

Insectos de mediano tamaño o grandes, con protórax muy alargado; las patas anteriores están modificadas para capturar y retener la presa; aparato bucal masticador, metamorfosis simple; cabeza pequeña, triangular se mueve libremente sobre un cuello delgado; ojos compuestos grandes; ordinariamente se encuentran tres ocelos que a veces no existen; pueden ser ápteros, braquípteros o alados; las alas se doblan planas a manera de solapa sobre los lados del cuerpo; las patas medias y posteriores, son largas y delgadas, los tarsos pentasegmentados; los cercos son cortos y segmentados.

El Orden Mantodea comprende alrededor de 400 géneros con unas 1.550 especies y 17 subfamilias muchas de las cuales han tomado el rango de Familias. Son insectos especialmente tropicales.

La Familia más conocida es la MANTIDAE cuyo representante más notable es la “manta religiosa”.

ORDEN DERMAPTERA (tijerillas)

Insectos pequeños o medianos, alargados, lisos, coreaceos, quitinosos, con aparato bucal masticador; la metamorfosis es simple; con o sin tégmenes cortos y truncados que ocultan las alas posteriores muy dobladas; el cuerpo termina en un par de pinzas o forceps lisos, débiles o fuertes, peludos o bruñidos, llamados cercos (Figura 4.3).



Figura 4.3. Dermáptera. Obtenida del internet.

ORDEN DIPLOGLOSSATA

Son insectos muy pequeños, deprimidos y ápteros, cubiertos con pelos cortos; el aparato bucal es masticador, la metamorfosis simple; los ojos están atrofiados; el cuerpo termina en un par de cercos largos y no segmentados.

Este orden es muy pequeño actualmente; sólo tiene a la familia **HEMIMERIDAE** con dos especies descritas.

ORDEN PLECOPTERA

Insectos alargados, de mediano tamaño o grandes, algo aplanados, de cuerpo suave; la cabeza es ancha; las antenas largas, filiformes, con un número de segmentos variable de 25 a 100; pueden no existir ocelos o existir dos o tres; los ojos compuestos son medianos o pequeños; el aparato bucal es masticador con mandíbulas bien formadas o abreviadas. Dos partes de alas iguales y multinervadas; el par posterior tiene un área anal grande interrumpida con frecuencia por una incisión marginal; en reposo se doblan estrechamente sobre el dorso. Las patas son bien desarrolladas, las coxas pequeñas, los tarsos trisegmentados, terminan en dos uñas y un empodium. El abdomen presenta once segmentos, el último de los cuales está abreviado y soporta un cerco filiforme con muchos segmentos, pocos segmentos o monosegmentado; la metamorfosis puede ser simple o incompleta (la metamorfosis simple equivale a la metamorfosis gradual). Los estados inmaduros son NALADOS acuáticos y la forma general, las antenas y los cercos, son semejantes a los adultos; con o sin branquias respiratorias especializadas.

ORDEN ISOPTERA (termitas o comejenes)

Son insectos de tamaño pequeño o mediano, en su mayoría de cuerpo suave y de color pálido; se asocian bajo el sistema de castas y viven en grandes comunidades ocultas; la metamorfosis es gradual; el tamaño de la cabeza varía desde pequeña hasta muy grande, es libre y está densamente esclerotizada (Figura 4.4). El aparato bucal es típicamente masticador o vestigial en algunos soldados; las mandíbulas son pequeñas, normales o extremadamente grandes y variables en los soldados mandibulados; los ojos compuestos pueden no existir, ser vestigiales o grandes; los ojos simples u ocelos pueden no existir o si existen son dos; las antenas son moniliformes, cortas o largas, multisegmentadas; el protórax es libre, más pequeño que la cabeza; las patas son cortas y fornidas, con tarsos tetra o pentasegmentados y dos uñas; pueden ser ápteros, bronquípteros o macrópteros, con dos partes de alas de igual tamaño, forma y venación, la misma que es simple y con pocas venas cruzadas; sin embargo, algunos presentan una intrincada red de venas; se doblan planas sobre el cuerpo. Los cercos son cortos y simples o segmentados, variando el número de segmentos de dos a ocho.



Figura 4.4. Isoptera. Obtenido del internet.

Los miembros de esta orden se encuentran entre los insectos más altamente especializados, interesantes y destructores. Dedicar sus energías a la construcción de cavernas en la madera y en el suelo, a la construcción de grandes montones de tierra donde fabrican sus viviendas, al cultivo de un hongo para su alimentación y a consumir y reducir la materia vegetal muerta. Dondequiera que ciertas especies entran en contacto con la civilización humana causan destrozos considerables atacando los edificios de madera, las cercas, los postes, etc.; sus ataques son más notables en las zonas tropicales.

Sus nidos o TERMITEROS pueden ser contruidos totalmente bajo el suelo o entera o parcialmente sobre la superficie; su arquitectura varía grandemente. Los nidos aéreos son relativamente pequeños y se encuentran fijos a los árboles muertos, a los restos de árboles cortados u otras fuentes de alimento.

ORDEN CORRODENTIA

Son insectos terrestres, diminutos o pequeños, compactos, ápteros o alados, con metamorfosis gradual; el aparato bucal esta modificado y es masticador; la cabeza es grande y libre; las antenas pueden ser cortas o largas y filiformes; los ojos compuestos son generalmente grandes y están ampliamente separados; los ocelos no existen o están en número de tres; el protórax es pequeño y semejante a cuello; pueden ser completamente ápteros, braquípteros o con dos pares de alas de los cuales el par posterior es mucho más pequeño que el par anterior, la venación es simple, las patas son delgadas, a veces con los fémures agrandados; los tarsos bi o trisegmentados; no existen cercos.

Es un orden hasta hoy un poco descuidado; está compuesto por curiosas formas aunque todas muy homogéneas, de tal manera que todos los individuos parecen ser los mismos. Por su pequeño tamaño, cuerpo frágil y hábitos saprófagos no han recibido la atención suficiente de parte de los entomólogos. Algunas especies son muy perjudiciales en las casas, graneros, molinos, almacenes, bibliotecas y museos, donde viven sobre productos de cereales, desperdicios vegetales y animales, y sobre goma seca, hongos, insectos muertos, cera de abejas y otras substancias orgánicas.

ORDEN ANOPLURA

Son insectos pequeños o diminutos, aplanados, alargados o semejantes a cangrejos en su forma general y ápteros, con metamorfosis gradual; aparato bucal picador-chupador retráctil, con un pico carnoso no segmentado; tegumento coriáceo y elástico; cabeza pequeña; ojos compuestos rudimentarios o ausentes; ocelos ausentes; tórax estrecho y fusionado en parte; patas especializada cortas, fornidas, con tarsos monosegmentados y con una sola, una generalmente especializada para agarrar los pelos; abdomen oval o algo circular, con nueve segmentos; no existen cercos. Son ectoparásitos permanentes de los mamíferos. Son los piojos verdaderos o piojos picadores. El Orden Anoplura comprende cinco familias.

ORDEN ODONATA

Son insectos predadores, de mediano tamaño o grandes, delgados, rápidos o lentos voladores, con metamorfosis incompleta o gradual, aparato bucal masticador, cabeza móvil, ojos compuestos laterales muy grandes y tres ocelos; mandíbulas fuertes, palpos maxilares monosegmentados, palpos labiales bisegmentados; tórax agrandado; patas cortas, espinudas, tarsos trisegmentados; dos pares de alas similares, largas, estrechas, reticuladas, que se doblan rectas a los lados del cuerpo o sobre el dorso cuando están inactivas; abdomen largo, delgado, cilíndrico o aplanado; los órganos genitales del macho se encuentran en el segundo y tercer esternitos; la ninfas son naiados acuáticos y presentan un labio rapaz grandemente desarrollado o máscara; pueden tener o no branquias caudales externas.

Representantes bien conocidos de este Orden son las **LIBELULAS O CORTAFELOS**.

ORDEN THYSANOPTERA (trips)

Son insectos pequeños o diminutos, delgados y terrestres, algo comprimidos dorsalmente o casi cilíndricos, con metamorfosis gradual; al aparato bucal está modificado para picar, raspar y chupar; las antenas son cortas, con un número de segmentos que varía de seis a nueve; ojos compuestos llamativos y en las formas aladas se encuentran tres ocelos. Se encuentran individuos alados, ápteros o con alas vestigiales; los primeros tienen dos partes de alas estrechas y largas, con pocas venas o sin ellas; estas alas son flecadas con pelos o cerdas cortas y largas; las patas son cortas; los tarsos presentan uno, dos segmentos o bien son heterómeros, terminando en una o dos uñas, con un ápice hinchado, semejante a casco. El abdomen presenta de diez a once segmentos con un oviscapto o termina con una prolongación tubular (Figura 4.5).



Figura 4.5. Trips. Obtenido del internet.

Los miembros de este Orden forman un grupo homogéneo fácilmente distinguible de otros insectos por sus características; pequeño tamaño, forma y estructura, especialmente las peculiares alas flecadas que se encuentran solamente en ciertos otros insectos muy pequeños. Cuando reposan, las alas se pliegan sobre el dorso y los flecos de cada ala se pegan al margen alar correspondiente.

El tamaño de los Thrips adultos varía considerablemente, encontrándose formas diminutas como el *Trips minutissima* Linn., que mide de 0.6 a 0.9 de milímetro de longitud, hasta formas gigantes como *Acanthothrips spectrum* (Haliday), de Australia, que alcanza a medir 14 milímetros de largo. La forma es casi siempre alargada; sin embargo algunas especies son notablemente cortas, anchas y planas. El color está restringido a varios matices de amarillo, caoba, anaranjado, rojo, pardo, totalmente negro o combinaciones de estos colores. Las alas pueden tener el mismo color que el cuerpo o algo más pálidas y rayadas o moteadas con otros colores oscuros.

Los adultos caminan despacio o corren, saltan y vuelan con gran agilidad. Algunas especies, cuando caminan, levantan el extremo posterior del abdomen.

Generalmente, los trips se encuentran sobre todo tipo de vegetación y tal vez son más abundantes sobre las flores y las hojas de sus huéspedes, sin embargo, pueden encontrarse también en los frutos y en las ramas. Algunas especies son basureros, alimentándose de carroña sobre materia vegetal muerta; otras, en cambio, son predadoras sobre ácaros, áfidos. Otros thrips y varias formas animales diminutas o sobre huevos de insectos grandes.

Los trips son perjudiciales en agricultura porque destruyen los tejidos vegetales de las hojas y de los frutos, porque causan la esterilidad de las flores y también porque diseminan entre las plantas enfermedades bacterianas, virosas y fungosas.

Los trips pueden ser plaga como adultos y también como jóvenes. Al atacar plantas pequeñas y en grandes densidades pueden matar o reducir drásticamente el crecimiento de las mismas (como en el caso de *Thrips palmi* en pepino, sandía y berenjena). También pueden causar quemado del follaje o frutos en cucúrbitas y solanáceas como berenjena.

Los trips son normalmente bisexuales y los sexos bastante semejantes a excepción de que los machos son algo más pequeños que las hembras. Ambos sexos o uno de ellos puede ser áptero, braquíptero o alado; en pocas especies se encuentran todas estas condiciones.

La partenogénesis se encuentra con bastante frecuencia entre los trips; así en la especie *Heliiothrips haemorrhoidalis* Bouché los machos son exageradamente raros o desconocidos.

Los huevos tienen forma variable desde alargados-ovalados hasta reniformes. Son puestos dispersos o en grupos exteriormente o en hendeduras, agallas y entre los tejidos vegetales. Son escasamente visibles a simple vista.

Los **trips jóvenes** son de **color blanco pálido, amarillento, transparente** y a veces son del mismo color de los adultos; se encuentran también formas inmaduras de color amarillo brillante, anaranjado o rojo; en los movimientos son bastante lentos e inactivos comparados con los adultos.

Los excrementos de los trips se depositan sobre las hojas de las plantas infestadas en forma de pequeñas gotas oscuras que cubren casi completamente la superficie de las hojas infestadas, siendo este un carácter distintivo de los ataques de trips a las plantas cultivadas.

ORDEN HEMIPTERA (chinchas)

Son insectos diminutos o grandes, ovales o alargados, frecuentemente aplanados, heterogéneos, fitófagos y predadores, terrestres y acuáticos, con metamorfosis gradual y aparato bucal picador-chupador (Figura 4.6).



Figura 4.6. Hemíptera. Obtenido del internet.

Chinchas de diversas familias (Fam. Coreidae, Pentatomidae, Tingidae, Pyrrhocoridae; Orden Hemiptera). Insecto de tres etapas. El daño puede ser a fruta, brotes y semillas. Puede causar deformaciones, reducción del crecimiento, manchado de fibra (en algodón), vaneo de grano (en sorgo con la chinch pata de hoja, chinch apestosa en frijol y soya), e inclusive daño a la fruta por pudrición por bacterias como *Erwinia*, por contagio por medio de chinchas como la de pata de hoja en tomate. En banano y otras musáceas, piñón y camote las chinchas de encaje (Fam. Tingidae) suelen causar amarillamiento o quemazón de las hojas. Este último daño es muy parecido al causado por ácaro tostador (*Tetranychus*) o por thrips (Figura 4.7).



Figura 4.7. Chinch. Obtenido del internet.

ORDEN HOMOPTERA (áfidos, moscas blancas, chicharritas, toritos, chicharras, escamas).

Características: la mayoría tiene antenas muy pequeñas, como la punta de un pelo, excepto los áfidos. Muchos de ellos tienen dos pares de alas, generalmente de color, que doblan sobre el tórax como si fuera un techo dos aguas, y todos tienen pico para chupar. Este grupo de insectos no posee especies benéficas (Figura 4.8).



Figura 4.8. Homóptera. Obtenido del internet.

Daño por chupadores:

Áfidos (Fam. Aphididae; Orden Hemiptera Homóptera).

Insectos de tres etapas, causan encarrujamiento de brotes terminales, mielecilla y fumagina en hojas maduras, y reducción en el crecimiento de las plantas (Figura 4.9). Suelen estar asociados a hormigas por simbiosis alimento-defensa. Los áfidos generalmente se encuentran en colonias, escondidos o protegidos de la luz solar directa. Su crecimiento en colonias es sumamente rápido porque en el trópico todos los individuos son hembras las cuales paren áfidos jóvenes que llegan a su estado adulto en escasos 6 días con temperaturas por encima de los 30 grados centígrados. Son más importantes como plaga durante la época seca ya que durante la época lluviosa las precipitaciones causan una alta mortalidad de áfidos y su reproducción es más lenta por la reducción de la temperatura. Son vectores de virus de tipo no persistente.



Figura 4.9. Hemíptera. Obtenido del internet.

Mosca blanca (Fam. Aleyrodidea; Orden Hemíptera Homóptera). Insectos de tres etapas. Los adultos y jóvenes ocurren en el envés de las hojas y son comunes en muchísimas plantas de hoja ancha (Figura 4.10).

Los jóvenes son escamas y se encuentran en el envés de las hojas maduras. Puede haber mielecilla y fumagina con altas densidades de jóvenes y/o adultos. Al igual que los áfidos, su importancia como plaga es mayor en verano que en invierno, por las mismas razones. Son vectores de virus de tipo persistente como geminivirus o Begomovirus.



Figura 4.10. Mosca blanca. Obtenido del internet.

Chicharritas o cicadélidos, lorito verde, Emposca (Fam. Cicadellidae; Orden Hemiptera Homoptera).

Son comunes en leguminosas como frijol, gandul y caupí; en papaya, maracuyá y ornamentales. Pueden causar encarrujamientos por la inyección de toxinas. Los jóvenes permanecen en el envés de las hojas de la planta hospedera, donde caminan de lado. Pueden ser vectores de fitoplasmas, como el caso de la colocha del maracuyá (Figura 4.11).



Figura 4.11. Emposca. Obtenido del internet.

Paratrioza (Fam. Psilidae; Orden Hemiptera Homoptera).

Insecto de tres etapas, asociado a solanáceas. Inyecta una toxina que causa síntomas de amarillamiento y crecimiento axilar anormal en papa. Su incidencia está limitada a climas frescos o de montaña (Figura 4.12). Se le conoce como vector del fitoplasma punta morada en papa. El adulto es similar a una chicharra pero su tamaño es de escasos milímetros y su color es grisáceo u oscuro. Los jóvenes ocurren en el envés de las hojas maduras del hospedero, son aplanados y tienen poca movilidad.



Figura 4.12. Paratrioza. Obtenido del internet.

Toritos o membrácidos (Fam. Membracidea; Orden Hemiptera Homoptera). Es común únicamente en árboles o arbustos frutales u ornamentales, como mango y marañón. Causan daño sólo a altas densidades. Los adultos se conocen como toritos y generalmente tienen forma y colores llamativos (Figura 4.13).



Figura 4.13. Torito. Obtenido del internet.

Salivazo (Fam. Cercopidae; Orden Hemiptera Homoptera). Insecto de tres etapas, común en gramíneas como zacates y caña de azúcar. Los jóvenes no se miran a simple vista sino que están cubiertos por una sustancia húmeda parecida a la espuma, la cual los protege de la desecación. A grandes densidades pueden causar daños serios en cultivos de caña de azúcar y en pastizales (Figura 4.14).



Figura 4.14. Salivazo. Obtenido del internet.

Escamas (Fam. Diaspididae; Orden Hemiptera Homoptera). Insectos de tres etapas, que pueden ser sésiles o móviles y que poseen aparato bucal chupador (Figura 4.15). Las escamas no tienen la forma típica de los insectos (cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen, tres pares de patas) sino que pueden tener formas diversas (aplanadas, en forma de estrella, de pelota, etc.). Pueden ocurrir en asocio con hormigas por la producción de mielecilla. Son comunes sobre todo en especies perennes como frutales pero también pueden ocurrir en herbáceas. Su daño se asocia a reducción en rendimiento, manchado de fruta y caída de flores y frutos pequeños.



Figura 4.15. Escama. Obtenido del internet.

4.2.2.2. PRINCIPALES ÓRDENES DE INSECTOS DE CUATRO ETAPAS

ORDEN LEPIDOPTERA (Polillas y Mariposas) insectos de cuatro etapas y masticadores

Los adultos, son insectos de tamaño mediano a grande, voladores y terrestres muy conocidos; se caracterizan especialmente por la presencia de escamas planas sobrepuestas y pelos que por lo general, cubren completamente el cuerpo de estos insectos, sus alas y otros apéndices (Figura 4.16, 4.17). Tienen metamorfosis completa.



Figura 4.16. Adulto y larva de Lepidóptera. Obtenido del internet.

El aparato bucal es chupador, constituido por una probosis conspicua, larga y enrollada; los ojos compuestos son grandes; puede o no encontrarse ocelos. Las antenas son variables, con frecuencia clavadas o cerradas, ganchudas o anudadas o bien plumosas, en los machos. Las patas delanteras son normales o reducidas. Se encuentran dos

pares de alas, con frecuencia bien desarrolladas; raras veces son vestigiales; generalmente el par anterior es más grande; en las alas se encuentran muchas venas longitudinales ramificadas y pocas venas cruzadas; las alas son membranosas y están cubiertas por varias clases de escamas y pelos; su coloración varía grandemente, desde sombreadas hasta intrincada y hermosamente coloreadas. Las larvas de los caterpillars son terrestres, peripnéusticos, erudiformes, lisas o descubiertas, peludas o espinudas; el aparato bucal es mandibulado; normalmente se encuentran tres pares de patas torácicas y de dos a cuatro pares de pseudópodos abdominales; raras veces son ápodas; la mayoría son fitófagas. Las pupas son libres u obtectas; las crisálidas, generalmente están suspendidas o amarradas a pequeños apoyos mediante un cinturón de seda; otras formas empupan en capullos de seda o en celdas; cuando menos los segmentos posteriores son movibles.



Figura 4.17. Lepidóptero. Obtenido del internet.

Insectos de cuatro etapas, pueden ocurrir en brotes (*Diaphania* en cucúrbitas), tallos (barrenadores como *Diatraea* en maíz, sorgo o caña de azúcar), desplazarse y alimentarse de diversas plantas (medidor, *Mocis latipes*, o el gusano peludo *Estigmene*), cogollos (cogollero, *Spodoptera*). Unos pocos lepidópteros pueden ser minadores de hojas, como el caso del minador de los cítricos y el del madreado. En los casos de daño por larvas de lepidóptera es común encontrar heces frescas en forma de pelotita en su lugar de alimentación.

Este Orden es bastante grande; comprende unas 105 mil especies descritas, unos 1000 géneros y unas 190 familias. Las especies están ampliamente distribuidas en todo el mundo. Los especímenes más grandes y hermosos viven en los trópicos, pero muchas especies finas adornan también las regiones templadas.

La clasificación de este Orden presenta muchas dificultades. Actualmente no existe una clasificación sistemática más completa de los subórdenes, superfamilias, series y familias que la realiza por Brees y Melander (1932), en combinación con los sistemas de Brohmer, Ehrmann y Ulmer (1932). Para nuestro estudio, clasificaremos el Orden Lepidóptera en Subórdenes y superfamilias, dentro de las series correspondientes.

Gusanos de lepidóptera en tallos y frutas. Insectos de cuatro etapas, sin ojos, patas, ni cabeza definida, a diferencia de los de lepidóptera que tienen cabeza bien formada, patas verdaderas y patas falsas y pueden ser de diversos colores. Generalmente, los barrenadores lepidópteros de cultivos agrícolas pertenecen a la **familia Pyralidae** y los ejemplos más comunes son *Diaphania* en cucúrbitas y *Diatraea* en maíz, sorgo y caña de azúcar. Los adultos suelen ser de hábito nocturno (Figura 4.18).



Figura 4.18. Gusano lepidóptero. Obtenido del internet.

ORDEN COLEOPTERA (escarabajos, mariquitas, picudos, gorgojos, tortuguillas, etc.) insectos de cuatro etapas y masticadores

Insectos cuyo tamaño varía de diminuto a grande, con integumento coriáceo o córneo; metamorfosis completa; aparato bucal masticador, robusto, dos pares de alas; pueden estar ausentes ambos pares o solo el par posterior; los élitros o alas anteriores tienen una textura similar a la del cuerpo; no son usados para el vuelo y sirven para proteger el cuerpo; generalmente se unen en línea recta sobre el dorso; a veces son cortos y con frecuencia están fusionados (Figura 4.19). Las alas posteriores son membranosas, con pocas venas y se doblan debajo de los élitros cuando reposan. La cabeza es libre, normal o prolongada hacia delante o hacia abajo en una trompa. Los ojos son conspicuos; los ocelos generalmente no existen. Las antenas son variables en tamaño y en la forma y por lo general poseen once segmentos. Las mandíbulas son fuertes y pueden estar enormemente desarrolladas. Los palpos son prominentes, con un número de segmentos que varía de dos a cinco. El protórax es claramente visible y generalmente está libre. Las patas se adaptan a muchos objetivos. Los tarsos presentan también un número de segmentos que varía de uno a cinco, siendo lo normal cinco segmentos. El abdomen regularmente presenta diez segmentos con no todos los esternitos visibles. No existen cercos. Los órganos genitales están escondidos. Los segmentos terminales, con frecuencia son retráctiles y en las hembras forman el ovíscapto. Las larvas son campodeiformes o cruciformes. Las pupas son libres o con los apéndices libres.



Figura 4.19. Adulto y larva de Coleóptera. Obtenido del internet.

Características de las larvas: pueden ser de formas variadas, como tallarín (gusano alambre), alargada (mariquita), en forma de letra “C” (gallina ciega), como clavo (con cabeza más gruesa que el cuerpo, escarabajo de la madera), pero siempre tienen mandíbulas y nunca tienen patas falsas. La mayoría de larvas tiene patas verdaderas, pero en casos de alimentarse en un solo lugar (no se desplazan, como en el caso de las larvas de picudos del Chile, banano, etc.) no presentan patas.

Ronrones o chacarrones (Fam. Scarabaeidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, son exclusivos de la época lluviosa. Los adultos se alimentan especialmente de especies arbustivas o perennes (roble, caulote o guásimo y pueden ser plaga en plantaciones de yuca y cítricos u otros frutales). Son atraídos por las luces durante la noche, especialmente al inicio de la época de lluvia. Las larvas son las gallinas ciegas y se alimentan de raíces de diversos cultivos.

Escarabajo ampollero (Fam. Meloidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, no son comunes en cultivos, excepto en frijol donde pueden defoliar el cultivo o arrancar flores. Ocurren básicamente en época de lluvia y defoliar árboles como el carreto o jiñicuite (Figura 4.20). Los adultos secretan una sustancia que quema la piel, causando ampollas, por lo que se les conoce como ampolleros. Son atraídos por la luz durante la noche.



Figura 4.20. Ampollero. Obtenido del internet.

Crisomélidos adultos (pulga saltona, mallas, tortuguillas, Diabrotica etc. Fam. Chrysomelidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, causan lesiones no necesariamente en los bordes de las hojas sino al centro (Figura 4.21). Algunas especies de mallas tienen larvas que se alimentan de follaje, otras que son subterráneas y se alimentan de raíces. Las larvas son muy pequeñas, tienen patas verdaderas, cabeza bien formada, mandíbulas notorias, pero nunca patas falsas.



Figura 4.21. Diabrotica. Obtenido del internet.

Daño a la raíz por larvas o jóvenes de insectos:

Gallina ciega (Fam. Scarabaeidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, el adulto es conocido como ronrón de Mayo y la ocurrencia de adultos y de larvas es exclusiva de la época de lluvia o invierno (Figura 4.22). Ataca muchísimas plantas distintas, hojas anchas, angostas e inclusive especies perennes. La gallina ciega ataca generalmente al tener tamaño mediano o grande, no en sus primeros estadios, excepto en ausencia de materia orgánica en el suelo (las larvas pequeñas se alimentan básicamente de materia orgánica). La larva tiene forma de C y posee patas verdaderas, pero no patas falsas, y mandíbulas muy fuertes y notorias.



Figura 4.22. Gallina ciega. Obtenido del internet.

Larvas de cerambícidos o insectos de la madera de antenas largas (Fam. Cerambycidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, no suelen ser comunes por tener un rango de hospederos bien estrecho y reproducción relativamente lenta. Pueden ocurrir en estacas de yuca, en tallos y tubérculos de camote (Figura 4.23). A diferencia de la gallina ciega, no tienen patas porque no se desplazan sino que se alimentan en el lugar donde fue puesto el huevo. Las larvas tienen el extremo contiguo a la cabeza más gruesa que la parte posterior del cuerpo y son de color cremoso o amarillento.



Figura 4.23. Gusano cerambícido. Obtenido del internet.

Larvas de crisomélidos (Fam. Chrysomelidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, son menos comunes que la gallina ciega. Los adultos son los crisomélidos, mallas o diabroticas (Figura 4.24). Las larvas generalmente son de color cremoso, no tienen forma de C sino que tienen forma recta y suelen tener tamaño no mayor a 1 cm. Tienen patas verdaderas y cabeza oscura con mandíbulas grandes.



Figura 4.24. Larva crisomélido. Obtenido del internet.

Gusano alambre (Fam. Elateridae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas, el adulto es conocido como insecto clic y es atraído a las luces. La larva es alargada y recta, de color café, de superficie muy dura, tiene patas verdaderas, cabeza bien formada y mandíbulas muy fuertes (Figura 4.25). Hay especies de tamaño pequeño, con ciclo de vida corto (un mes y medio) y otras de ciclo de vida largo (un año o más) y de hasta 3.5 cm de largo. Ataca semillas próximas a germinar y las raíces. Está presente todo el año.



Figura 4.25. Gusano alambre. Obtenido del internet.

Gusanos picudos en frutas, tallos y tubérculos (Fam. Curculionidae, Scolytidae; Orden Coleoptera). Insectos de cuatro etapas. Tienen la característica de tener larvas cremosas, con cabeza bien formada, pero carecen de patas verdaderas porque no se desplazan para alimentarse. La pupa suele ocurrir en el mismo lugar donde ocurrió la larva y posteriormente el adulto sale de la fruta o del tallo y se desplaza a hospederos contiguos (Figura 4.26). Ejemplos de estos casos son el picudo del chile, del frijol, del algodón, de las musáceas (que ataca cormos), de las palmáceas (que ataca tallos) y del camote, y en el caso de los escolítidos, la broca del café y el barrenador de los pinos. Los adultos generalmente son poco móviles, tienen un rango muy estrecho de hospederos alternos y responden al uso de feromonas sexuales.



Figura 4.26. Gusano picudo. Obtenido del internet.

ORDEN HYMENOPTERA (avispa de panal, abejas, avispa parasitoides, abejorros, hormigas).

Características del adulto: posee dos pares de alas como papelillo, antenas generalmente como codos, y generalmente tiene cintura notoria entre el tórax y el abdomen. Muchas especies tienen organización social y viven en nidos, otras son solitarias (Figura 4.27). La gran mayoría de miembros de este grupo son benéficos por servir como polinizadores y reguladores de plagas (hay depredadores como hormigas y avispa de panal, y también parasitoides), aunque también existen especies plaga como los zompopos.



Figura 4.27. Himenóptera. Obtenido del internet.

Se omiten las características de las larvas por ser irrelevantes en sistemas agrícolas, ya que se encuentran en nidos o dentro de presas parasitadas.

Zompopos (Fam. Formicidae; Orden Hymenoptera). Insectos de cuatro etapas, causan lesiones en forma de media luna. El daño puede ocurrir en plantas herbáceas pero es más común en especies perennes, como cítricos y otros frutales. Los zompopos suelen atacar hojas y también flores (Figura 4.28).



Figura 4.28. Zompopo. Obtenido del internet.

ORDEN DIPTERA (moscas comunes, tábanos, zancudos, mosquitos, jejenes, moscas parasitoides, moscas del sudor, moscas de la fruta)

Los miembros de este Orden son insectos cuyo tamaño varía de diminuto a mediano (Figura 4.29). Son insectos diurnos, crepusculares y nocturnos, terrestres y acuáticos, con aparato bucal chupador, lamedor, picador o vestigial. La metamorfosis es completa. El integumento es delgado, frágil y apergaminado. La cabeza es hipognata, fijada al tórax mediante un cuello delgado. Las antenas son variables, simples o con arista. Los ojos son grandes, separados o contiguos, raramente divididos. Por lo general, se encuentran tres ocelos. Características del adulto: posee únicamente un par de alas (de allí su nombre, Di=dos, y Ptera=ala) como papelillo.



Figura 4.29. Adulto y larva de mosca. Obtenido del internet.

Este grupo es sumamente diverso, contiene plagas agrícolas (moscas de la fruta, minadores de las hojas), plagas veterinarias (tábanos, tórsalos) y humanas (zancudos, jejenes, moscas comunes), e inclusive depredadores y parasitoides de plagas agrícolas (mosca del sudor o sírfidos y tachínidos, respectivamente).

Características de la larva: las larvas de plagas hortícolas de este grupo tienen la forma de un grano de arroz. No tienen ni cabeza bien definida ni patas, aunque pueden variar en su tamaño y color.

ORDEN NEUROPTERA (león de áfidos o crisopas, machacas, cusuquitos o león de hormigas) insectos de cuatro etapas.

Son insectos diminutos o medianos, raras veces grandes; la mayoría de ellos son terrestres y carnívoros, con metamorfosis completa; aparato bucal masticador; la cabeza es hipognata y libre; los ojos compuestos son grandes y bastante separados; se encuentran tres ocelos o no se encuentra ninguno; las antenas son variables, pero generalmente filiformes (Figura 4.30). Las patas son largas y delgadas, con los trazos pentasegmentados. Tienen dos pares de alas las cuales doblan sobre el cuerpo como techo dos aguas, normalmente similares en forma, tamaño y venación la cual es cruzada en forma de red; a veces son peludas o escamosas; no hay cercos; el oviscapto no es excerto.



Figura 4.30. Machaca. Obtenido del internet.

Características de la larva: tiene mandíbulas muy pronunciadas y hacia delante, cuerpo de forma alargada y puede o no mantener basura acumulada sobre el lomo.

En el **Anexo 1**, presentamos una tabla con la que lector podrá identificar de manera sencilla y practica los Órdenes, en la misma se detalla las características morfológicas de los insectos.

4.3. REFERENCIAS

Andrews KL, Caballero R (2000) Ordenes y familias de insectos de Centroamérica. Departamento de protección vegetal, Zamorano. Tegucigalpa, Honduras.

Borror DJ, De Long DM, Triplehorn CA (2005) An introduction to the study of insects. Quinta edición. Saunders College Publishing. Philadelphia, USA. 928 p.

Gallo D (ed.) (1978) Manual de Entomología Agrícola Editorial Agroeconómica Ceres Ltda. Sao Paulo. 531 p.

Rogg HW (2000) Manual de Entomología Agrícola de Ecuador. Ediciones ABYA-YALA, Quito, Ecuador. ISBN: 9978-41-358-8. 712p. Disponible en file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/xdoc.es_manual-de-entomologia-del-ecuador--pdf-free.pdf

Lastres L, Argüello H (2008) Identificando Insectos Importantes en la Agricultura: Un enfoque popular. 2da ed. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central PROMIPAC, ZAMORANO, COSUDE. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 90p. Disponible en <https://es.calameo.com/read/005341618dd242ca363ad>

Metcalf CI, Flint W., Met RF (1979). Insectos destructivos e insectos útiles Compañía Editorial Continental S.A. México.

Moret P (2005) Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, Ecología y Biogeografía. Centro de Biodiversidad y Ambiente, Escuela de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Monografía 2. Quito, Ecuador. 306 p.

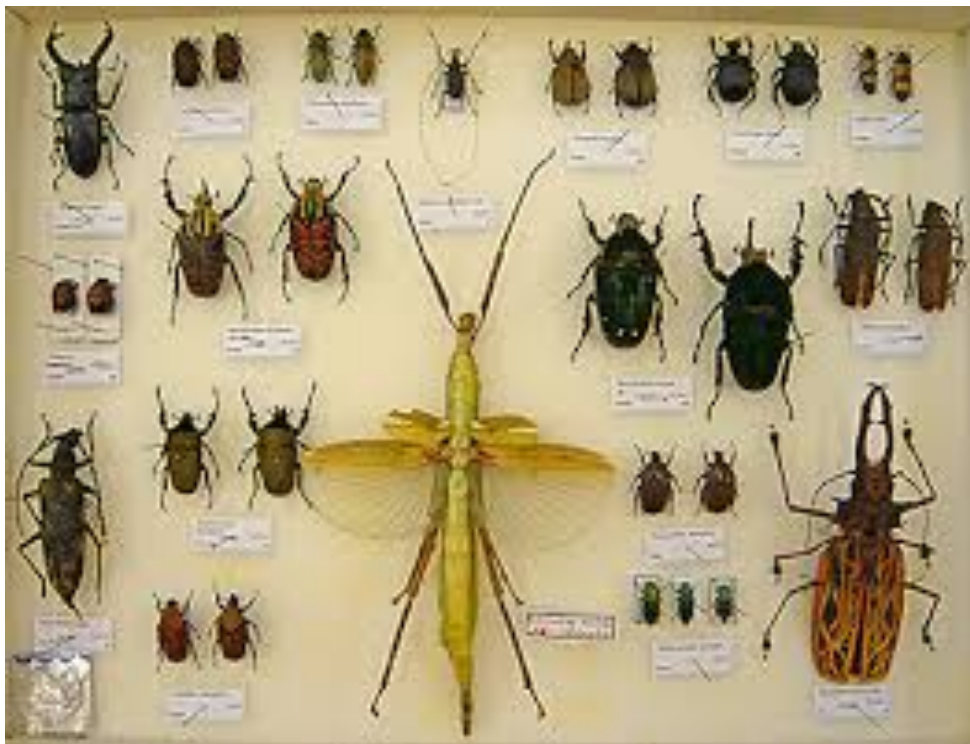
Ross HH (1973) Introducción a la Entomología General y Aplicada. Ediciones Omega, Barcelona.

Zumbado MA, Azofeifa D (2018) Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. Disponible en <file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/insectosimpagri-web.pdf>

CAPÍTULO V

COLECTA Y CONSERVACIÓN DE

INSECTOS



COLECTA Y CONSERVACIÓN DE INSECTOS

Carlos Castro Piguave, Fernando Ayón Villao, Washington Narváez Campana

Resumen

Uno de los aspectos fundamentales dentro la clasificación e identificación de los insectos es tener las herramientas fundamentales y necesarias para conservar las muestras. En este capítulo los autores discuten sistemáticamente y de manera concisa acerca de por qué se deben hacer colectas de insectos, qué cantidad de especímenes son necesarios, los equipos necesarios de colecta, los materiales a coleccionar, cómo preservar los especímenes colectados, cómo conservarlos, cómo montar los especímenes, cómo etiquetar y cómo hacer colecciones entomológicas; denotando aun sus propias experiencias.

Palabras claves: Colecta, especímenes, red entomológica, trampas.

5.1. RAZONES PARA COLECTAR Y CONSERVAR INSECTOS

Los insectos hacía siglos son objetos de coleccionistas profesionales o amateurs (aficionados), tanto por su estética como su interés profesional.

Se colecciona insectos para la exhibición de su variedad en colegios y museos públicos. En ferias de colecciones entomológicas, tanto expertos como amateurs intercambian especímenes de interés.

En Universidades y museos especiales se mantienen colecciones entomológicas de referencia que sirven para la identificación correcta de especímenes de insectos. Por ejemplo, la Universidad Católica de Quito tiene una de las mejores colecciones de insectos de referencia del país.

Los insectos, generalmente, deben ser observados solo en su ambiente natural, pero en algunos casos se justifica su colecta, especialmente para obtener la identificación de una plaga o un enemigo natural. La identificación correcta de una plaga es la clave para su control exitoso. La colecta para el monitoreo de una plaga, para determinar la incidencia o presencia de una plaga o su enemigo natural o para el estudio de la bionomía de un insecto también hace necesario la colecta de insectos.

5.2. CANTIDAD DE ESPECÍMENES

Dependiente del propósito de la colecta hay que considerar la cantidad de insectos por coleccionar. La colecta de 20 especímenes por especie se considera como mínimo para una identificación correcta.

5.3. EQUIPO DE COLECTA

Se divide el equipo de colecta generalmente en dos categorías:

a) Colecta activa: El colector activamente colecciona insectos usando redes entomológicas, aspiradores, u otros equipos adecuados.

b) Colecta pasiva: El colector participa pasivamente en la colecta y permite que la trampa haga el trabajo de colecta de insectos.

Para obtener la cantidad óptima de insectos se recomienda usar tan diferentes métodos y equipos como sea posible.

El método más simple de colecta es recoger el insecto del suelo o de plantas manualmente, pero por varias razones no siempre se puede aplicar. Por tal motivo, se tiene a mano una gran variación de material y equipo para coleccionar insectos.

5.4. MATERIAL DE COLECTA

Cualquier colector debe tener el siguiente material de colecta:

- a. Pinzas.** Pinzas finas son recomendadas para agarrar el espécimen.
- b. Frascos plásticos (son mejores y más seguros que de vidrio).** De diferentes tamaños con tapa bien cerrada para alcohol u otros preservativos y también para almacenar especímenes vivos, equipado con papel higiénico.
- c. Frascos letales plásticos.** Con tapa bien cerrada, con cianuro o acetato de etilo o de cloroformo
- d. Sobres.** Para almacenar por ejemplo, mariposas o libélulas vivas en el campo
- e. “Kleenex” (pañuelos desechables) u otro papel de higiene.** Para uso en los frascos letales y plásticos
- f. Cuaderno.** Para anotar información de la colecta, fecha, lugar, etc.
- g. Bolígrafo.**
- h. Lápiz.**
- i. Bolsas plásticas.** Para almacenar material vegetal
- k. Pincel.** Se recomienda un pincel muy fino para poder recoger insectos de su sustrato
- l. Cuchillo o navaja.** Para abrir agallas, tallos, frutos etc.
- m. Lupa de mano.** Se recomienda un aumento de 8 a 10 veces
- n. Linterna.** Para colectas nocturnas o en lugares con poca luz
- ñ. Colador.** Para colar material vegetal

5.5. REDES ENTOMOLÓGICAS Y OTRO EQUIPO DE COLECTA

a. Red entomológica. Estas vienen básicamente en tres formas:

- 1. Aéreas.** Son especiales para colecta de mariposas y otros insectos voladores. Tanto la red como el mango son livianos.
- 2. De rastreo.** Estas redes son similares a las aéreas, pero con una red más durable para vegetación densa.
- 3. Acuáticas.** Las redes acuáticas son de malla metálica o polietileno con un mango de metal o plástico.

b. Red de batir

Debe ser fabricada de una tela blanca dura con un marco de madera de un metro cuadrado. Se usan redes de batir para coleccionar insectos de árboles o vegetación. Los insectos caen encima de la red de batir y pueden ser recolectados por el colector (Figura 5.1).



Figura 5.1. Red o manga entomológica. Obtenido del internet.

c. Paño.

Una red de batir especial es el paño. Es una tela blanca dura de un metro de longitud y más o menos 50 cm de ancho para la colecta de insectos en cultivos. Especialmente se usan paños en el monitoreo de plagas en el cultivo de la soya.

d. Aspiradores:

Los aspiradores son útiles para la colecta de insectos menudos. Se necesita un frasco de 2.5 a 5 cm de diámetro y aprox. 12 cm de longitud. Dos tubos de vidrio de 7 mm de diámetro y de 8 cm y 13 cm de longitud, respectivamente, entran en dos aperturas de la tapa de caucho (goma) o de corcho (Figura 5.2). El tubo de vidrio de 8 cm se cierra con un pedazo de gasa adentro del frasco. El otro extremo se conecta con una corta manguera para el usuario. Los insectos se colectan por el tubo de vidrio de 13 cm vía succión.



Figura 5.2. Frasco aspirador. Obtenido del internet.

e. Tamiz o cedazo o criba

Esto sirve para seleccionar los insectos de la vegetación del suelo (Figura 5.3).



Figura 5.3. Tamiz, cedazo o criba. Obtenido del internet.

Berlese embudo. Un tamiz especial es el embudo de Berlese (Figura 5.4). Los insectos del suelo se colectan junto con tierra y se pone en un embudo. Encima se coloca un foco para hacer secar el material. Con el secamiento del material los insectos bajan hasta que caen en un frasco debajo del embudo.

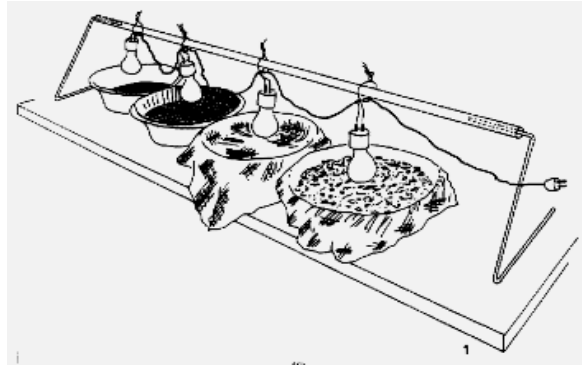


Figura 5.4. Embudo de Berlese. Obtenido del internet.

f. Trampas.

Existe una gran selección de trampas para la colecta de insectos, tanto del suelo y vegetación como del aire. Se menciona solo algunos ejemplos de trampas:

1. Trampa Malaise.

Parece como una carpa fabricada de malla fina para la captura de insectos voladores. La trampa Malaise se usa muchas veces para estudios ecológicos de insectos (Figura 5.5).



Figura 5.5. Trampa Malaise. Obtenido del internet.

2. Trampa Barber o trampa caída.

Son pequeñas botellas de vidrio insertadas en el suelo para la captura de insectos del suelo. Los insectos caminando sobre el suelo se caen en el recipiente llenado con formalina y un detergente. También se puede llenar la trampa Barber con un cebo como excrementos o carne.

3. Trampa de emergencia.

Muchos insectos se encuentran en su estadio inmaduro, las larvas o pupas. Estos estadios se pueden poner en un recipiente, preferiblemente de vidrio, cerrado con una media de nilón. Para una mejor circulación de aire se pone el frasco a su lado.

4. Trampa de luz.

El uso de trampas de luz aprovecha el comportamiento de insectos al ser atraído por diferentes ondas de luz (Figura 5.6). Los insectos, en general, especialmente insectos nocturnos se orientan con la luz reflexionada por los planetas. Esta luz es paralela. La luz de focos es difusa que dificulta a los insectos en su orientación.

Este fenómeno se usa para atraer y capturar insectos. Existen diferentes tipos de trampas de luz que principalmente se diferencian por las ondas de luz que usan. La trampa de luz más simple es una lámpara de gas que refleja luz a una sábana blanca. Los insectos atraídos por la fuente de luz se sientan sobre la sábana donde el colector puede recolectarlos. Las trampas de luz más sofisticadas contienen debajo de la fuente un recipiente de colección. La desventaja de este tipo es la dependencia de corriente eléctrica.



Figura 5.6. Trampa de luz. Obtenido del internet.

5. Trampa de color o trampa Möricke:

Este tipo de trampa también aprovecha de la atracción de insectos a diferentes colores. Los recipientes de colores, especialmente amarillos y azules, de plástico o metal atraen insectos voladores como thrips, pulgones y otros (Figura 5.7). Los insectos entran en los recipientes, los cuales están llenados con agua y detergente, y se ahogan.



Figura 5.7. Trampa de color. Obtenido del internet.

6. Trampa pegajosa

Usado en cultivos de tomate o fréjol, las trampas pegajosas atraen insectos por su preferencia de color. Los insectos se sientan sobre el material, plástico cartón o metal, el cual está cubierto con un material pegajoso como vaselina, aceite quemado, etc.

7. Trampa cebo

Muchos insectos son atraídos por sustancias químicas sintéticas o naturales. Este comportamiento se está utilizando en las trampas de cebos. Los frutos en fermentación, excrementos, feromonas, melaza, azúcar, etc. son usados para este propósito.

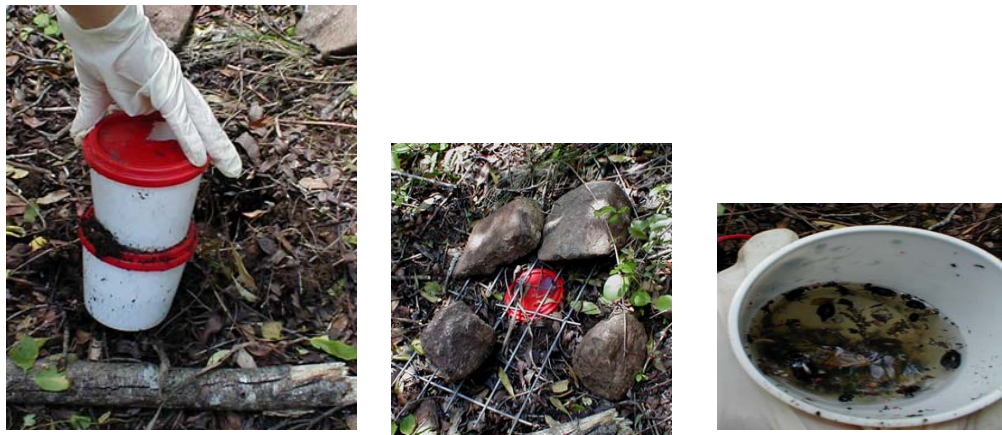


Figura 5.8. Trampa con cebos naturales. Obtenido del internet.

8. Harnero.

El harnero consiste de un marco de madera con malla milimétrica para seleccionar insectos de arena seca.

5.6. PRESERVACIÓN DE ESPECÍMENES

Los insectos colectados en el campo se preservan mejor en un recipiente con alcohol al 70%. La mayoría de los insectos se pueden coleccionar y guardar por un tiempo extendido en alcohol, sin perder las características morfológicas. Una excepción son los insectos con alas de escamas, como son las mariposas. Los especímenes de mariposas se ponen en un frasco letal con papel higiénico. Antes de introducirlo en el frasco letal hay que narcotizar a la mariposa. Esto se hace dentro de la red entomológica. Se agarra la mariposa y se lo aprieta brevemente, pero fuerte, en el tórax de la mariposa. Cuidadosamente se saca la mariposa desmayada de la red por sus piernas o antenas, evitando tocar sus alas. La mariposa se pone en el frasco letal para matarlo o se pone en un sobre para llevar la mariposa viva a casa y posterior matanza en el freezer.

Todos los datos de la colecta deben ser anotados en el cuaderno, incluyendo la fecha, el lugar, el colector, una identificación tentativa y otra información necesaria, como comportamiento del insecto, predador, plaga, etc.

5.7. CONSERVACIÓN DE INSECTOS

Una vez recolectado y matado, el espécimen debe ser conservado para su posterior identificación. Por tal motivo se debe guardar el espécimen en una colección entomológica, organizada según diferentes criterios internacionales.

Todos los insectos preservados en alcohol hay que secar antes de su montaje. En los insectos con abdómenes grandes, como las mantis o langostas, se debe abrir su abdomen, quitar sus órganos internos y reemplazarlos con algodón. Así se evita la pudrición de los especímenes dentro de la colección.

5.8. MONTAJE DE LOS INSECTOS

Se debe alinear las antenas y piernas de los insectos cuando ellos están todavía flexibles. Una vez seco el insecto, antenas y piernas son muy frágiles y pueden romperse fácilmente.

a) Reblandecimiento:

Las mariposas, como están guardadas secas, hay que relajar para evitar romper las alas, piernas o antenas. Esto se puede conseguir poniendo la mariposa en un frasco plástico llenado con arena húmeda, llamado cámara húmeda, para ablandar las extremidades. Después de 24 horas se pone la mariposa del frasco sobre una tabla de montaje de madera para extender alas, piernas y antenas.

Para los más grandes, el paso a seguir es acomodar las patas una por una, de modo que asemejen la posición natural en reposo. Para ello se utilizan los alfileres. Algunas veces son necesarios más de un alfiler por pata. Luego siguen las alas. En el caso de los hemípteros, ortópteros y coleópteros, las alas no necesitan ninguna atención especial.

En neurópteros e himenópteros, es conveniente que las alas estén fijadas mientras el insecto se seca. Esto se logra con la utilización de alfileres y tiritas de cartón o algún papel grueso. Se colocan las tiritas (*una por cada par de alas*), con un extremo haciendo presión sobre las alas y el otro extremo clavado con un alfiler al terlgopor. El tamaño de las tiritas de cartón depende del tamaño del insecto, pero por lo general con cuatro centímetros de largo por siete milímetros de ancho es suficiente.

La preparación de las mariposas es conveniente llevarla a cabo utilizando un extendedor (Figura 5.9). Este elemento consta de una ranura en donde se coloca el cuerpo (*tórax y abdomen*) y las alas quedan extendidas a los lados.

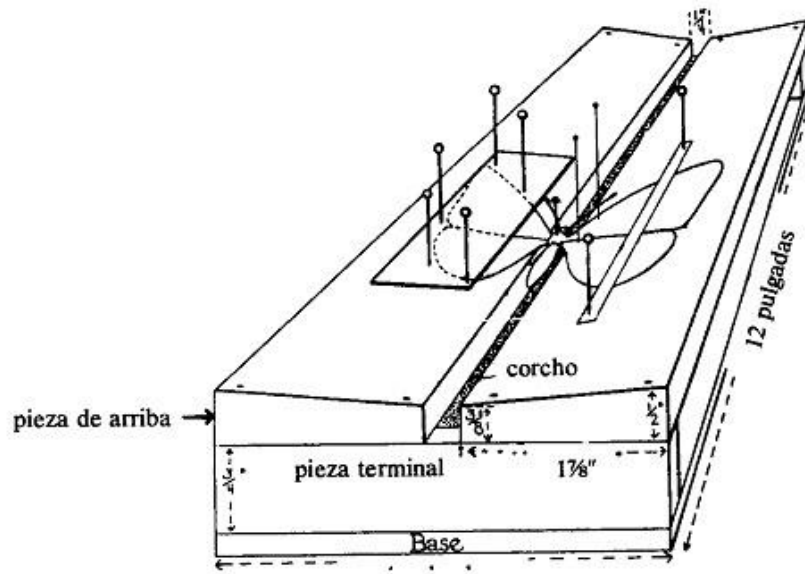


Figura 5.9. Extendedor de alas. Obtenido del internet.

b) Montaje de insectos preservados en seco:

Los insectos de conservación seca hay que montar con la ayuda de alfileres entomológicos. Se debe cumplir con normas internacionales de montaje. Los insectos, normalmente, son montados con los alfileres entomológicos en el tórax (Díptera, Hymenoptera, Saltatoria) o en los élitros (Heteróptera, Coleóptera), pero siempre en la parte derecha. Una excepción son las mariposas donde se colocan los alfileres en el medio del tórax. En algunas familias se debe extender las alas las cuales son usadas para su posterior identificación taxonómica. Si se extiende las alas, se debe, por lo menos, extender las alas derechas.

La posición del insecto se debe controlar con un bloque de pinchado, en igual manera como la posición de las etiquetas. El insecto debe estar bien, en posición horizontal. Las antenas y piernas deben estar alineadas para su mejor observación posterior.

Los insectos pequeños se montan con ayuda de cartulina (Figura 5.10). Se pega con goma arábica el insecto en el punto de una cartulina de forma triangular, evitando que se cubren las partes morfológicas importantes para la identificación taxonómica.

Algunos de los órdenes con insectos pequeños son: Isópteros, Tysanuros, Anopluros, Himenópteros, Homópteros, Sifonópteros. Dimensiones del triángulo 10 x 20 mm.

montaje de insectos pequeños

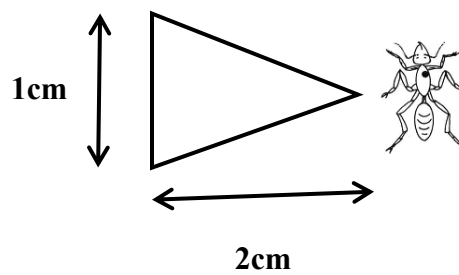
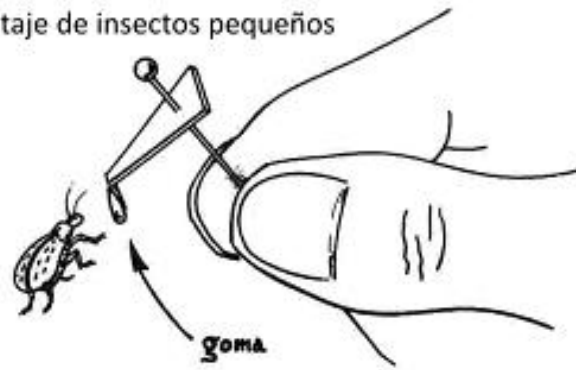


Figura 5.10. Montaje de insectos pequeños. Obtenido del internet.

Los insectos muy pequeños se deben montar con la ayuda de los minuten (Figura 5.11). Los minuten son alfileres entomológicos especiales de tamaño muy pequeño y delgado. Los alfileres minuten deben basarse en un pedazo de corcho o cartón, el mismo que está montado con un alfiler convencional.

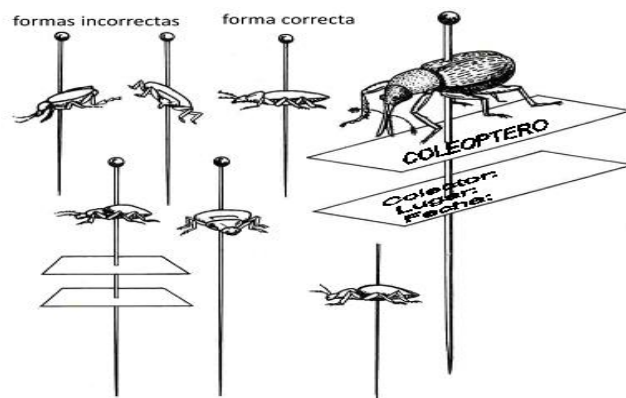


Figura 5.11. Montaje de insectos muy pequeños. Obtenido del internet.

Cada orden tiene su lugar exacto en donde se debe pasar el alfiler. Se debe tomar al insecto entre los dedos con el dorso hacia arriba y se pasa el alfiler, en el tórax, ventralmente debe salir entre las patas anteriores y las medias (Figura 5.12).

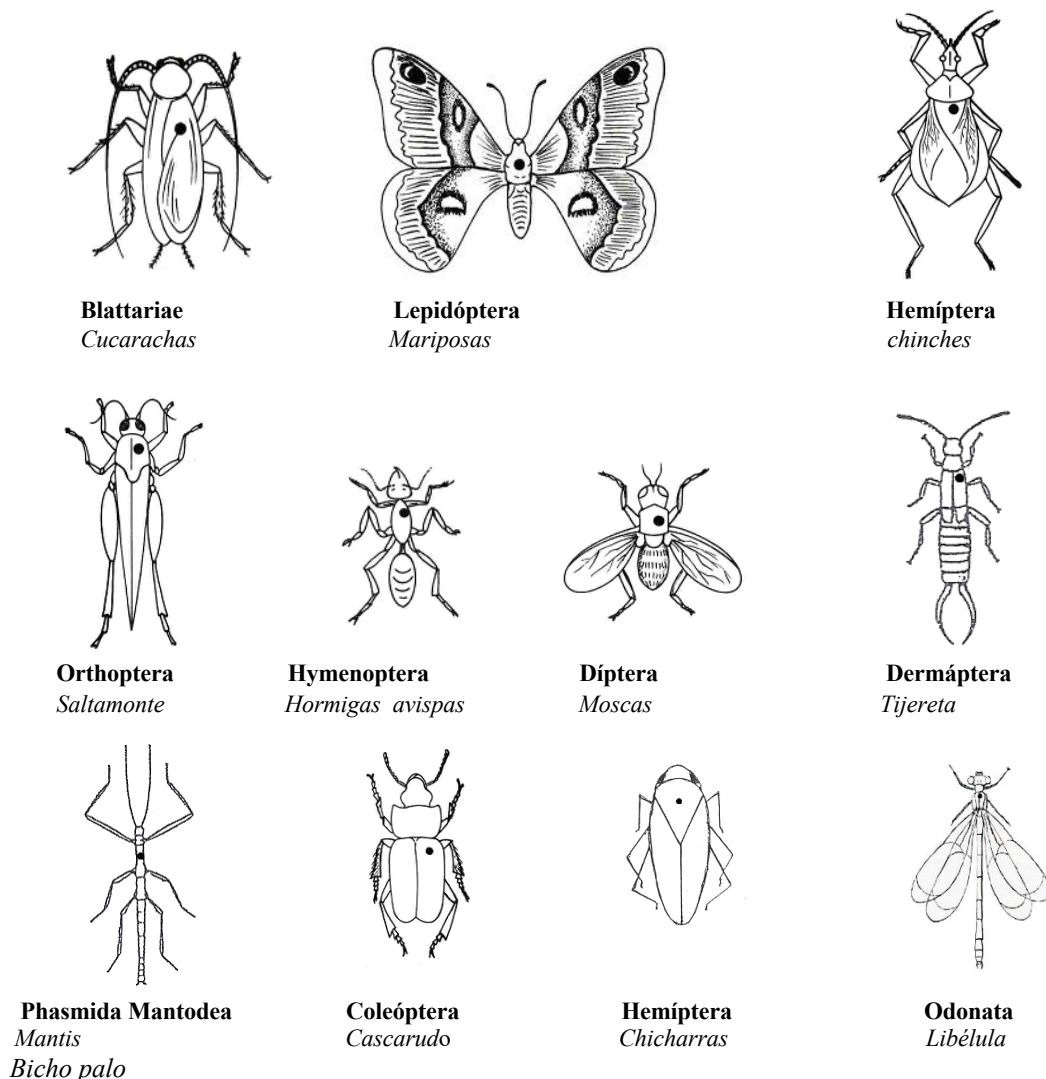


Figura 5.12. Ubicar los alfileres, dependiendo al orden de insectos. Obtenido del internet.

c) Conservación de insectos inmaduros:

En muchos casos es necesario coleccionar también los estadios inmaduros de plagas. Las larvas de mariposas, moscas o escarabajos hay que preservar especialmente. Las larvas deben ser coleccionadas y conservadas vivas. En la casa o laboratorio se introduce las larvas vivas en un recipiente con agua hirviendo. Las larvas pequeñas solo se quedan un minuto en el agua hirviendo; larvas más grandes entre 2 y 3 minutos. Se quita las larvas y se hace secar sobre un papel toalla. Finalmente se introduce las larvas en un recipiente con alcohol de 70% para su conservación permanente. Con este método se mantiene las estructuras y colores de las larvas que son necesarios para una posterior identificación. El frasco de conservación debe estar etiquetado en igual forma como los insectos montados.

d) Conservación de insectos en líquido

Muchos insectos se pueden conservar en recipientes con alcohol al 70% por largo tiempo. Algunos insectos como pulgones o cochinillas son demasiados frágiles para un montaje con alfileres entomológicos. Estos insectos se pueden preservar directamente en alcohol. La mezcla para conservar insectos se compone de:

H₂O - 60 cm³

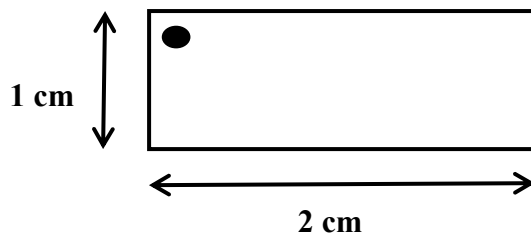
Alcohol (95%) - 30 cm³

Ácido acético glacial - 4 cm³

Formaldehído - 12 cm³

5.9. ETIQUETACIÓN DE INSECTOS MONTADOS

Cada insecto debe tener dos etiquetas cada una de 1 cm de ancho por 2 cm de largo.



Cada espécimen debe tener etiquetas con la siguiente información:

a. Primera etiqueta:

Fecha de colecta

Lugar de colecta

Nombre del colector

b. Segunda etiqueta:

Información útil sobre el espécimen; puede ser descripción del ambiente donde se encontró el insecto, el comportamiento del insecto y otros datos importantes.

c. Tercera etiqueta:

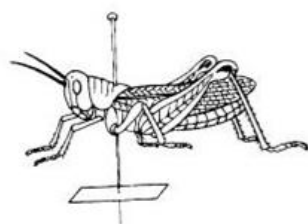
Identificación taxonómica con

Orden

Familia

Género (si fue identificado)

Especie y autor (si fue identificada)



Los rótulos irán clavados en el mismo alfiler en que va montado el insecto, por debajo de éste. Tener en cuenta que el alfiler debe clavarse en el extremo superior izquierdo de cada rótulo.

Para montar, mantenga el espécimen entre los dedos índice y pulgar y con la otra mano pásele el alfiler por el sitio preciso. El alfiler debe atravesar el insecto perpendicularmente al eje longitudinal y transversal del insecto, de modo que tanto ambos lados del insecto queden nivelados, lo mismo la parte delantera que la trasera.

5.10. COLECCIÓN ENTOMOLÓGICA

Los insectos colectados y montados se deben mantener en una colección entomológica. Para este propósito se usan cajas entomológicas de madera. Existen diferentes tipos de cajas entomológicas, cuyo uso depende del motivo de la colección (Figura 5.13).

Sin embargo, hay que observar algunas cosas antes de iniciar una colección entomológica:

a. Selección del material para la caja:

La madera debe estar bien seca y resistente al ataque de plagas insectiles de madera.

b. Fabricación de la caja

La caja debe cerrar bien hermética para reducir la invasión de plagas de colecciones.

La caja entomológica debe incluir, especialmente en los trópicos, una parte en el interior donde se puede guardar naftalina y fenol (ambos productos deben ser manejados con cuidado, pueden causar cáncer). Estos químicos protegen los insectos contra plagas y hongos.

Antes de introducir los insectos a la caja, se debe secar bien a los insectos. En un cartón o caja se hace secar los especímenes bajo un foco por varios días.

Una colección entomológica debe estar organizada bajo orden filogenético y con etiquetas para su mejor observación.

c. Colección entomológica de referencia:

Especialmente Museos, Universidades o Agencias de Control Fitosanitario mantienen colecciones entomológicas que tienen el propósito de comparar insectos colectados por interesados con los insectos de la colección (Figura 5.13). Así un agricultor que tiene un problema insectil puede comparar su insecto e identificarlo rápido y fácilmente. Los insectos de una colección de referencia deben estar identificados con apoyo de los expertos correspondientes del grupo del insecto.

En muchos casos una identificación correcta es solo posible por los genitales u otras partes del insecto. Estos hay que preparar y montar en un portaobjeto, etiquetado con los datos correspondientes.



Figura 5.13. Ejemplos de colecciones entomológicas, dependiendo al orden de

5.11. REFERENCIAS

Borror DJ, De Long DM, Triplehorn CA (2005) An introduction to the study of insects. Quinta edición. Saunders College Publishing. Philadelphia, USA. 928 p.

Gallo D (ed.) (1978) Manual de Entomología Agrícola Editorial Agroeconómica Ceres Ltda. Sao Paulo. 531 p.

Rogg HW (2000) Manual de Entomología Agrícola de Ecuador. Ediciones ABYA-YALA, Quito, Ecuador. ISBN: 9978-41-358-8. 712p. Disponible en file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/xdoc.es_manual-de-entomologia-del-ecuador--pdf-free.pdf

Lastres L, Argüello H (2008) Identificando Insectos Importantes en la Agricultura: Un enfoque popular. 2da ed. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central PROMIPAC, ZAMORANO, COSUDE. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 90p. Disponible en <https://es.calameo.com/read/005341618dd242ca363ad>

Metcalf CI, Flint W., Met RF (1979). Insectos destructivos e insectos útiles Compañía Editorial Continental S.A. México.

Pastrana JA (1985) Caza, Preparación y Conservación de Insectos. Editorial Ateneo Buenos Aires-Madrid.

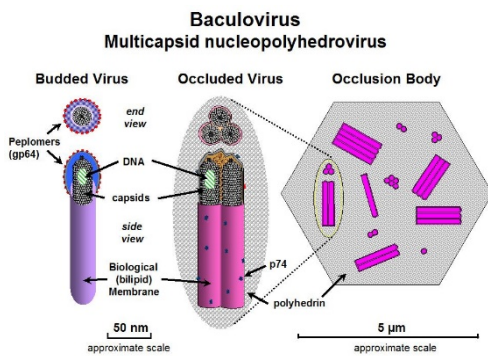
Ross HH (1973) Introducción a la Entomología General y Aplicada. Ediciones Omega, Barcelona.

Toro, J. Manual de Entomología Básica. (2005). Técnica de recolección y montaje entomológico. 2014. Cátedra de zoología, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones.

Zumbado MA, Azofeifa D (2018) Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. Disponible en <file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/insectosimpagri-web.pdf>

CAPÍTULO VI

Generalidades sobre el control biológico de Insectos- plaga



GENERALIDADES SOBRE EL CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS-PLAGA

Julio Gabriel Ortega, Jéssica Morán Morán, Tomas Fuentes Figuroa, Fernando Ayón Villao

Resumen

Uno de los aspectos fundamentales y novedosos de esta publicación, es la revisión exhaustiva de la literatura generada, para compartir de manera sistemática y concisa los últimos avances en el uso de agentes biológicos para el control de insectos plagas. No pretendemos haber cubierto todo el bagaje de investigación científica existente, sino dar una noción de lo que se trabajó en las dos últimas décadas. Consideramos que no tocar este tema era un vacío para la obra. Por la misma razón, hemos tratado de hacer algunas definiciones claves sobre el control biológico, sobre los tipos de control biológico, los factores principales para este control, los principales microorganismos utilizados con éxito en el control biológico de insectos-plagas, el uso de feromonas y el uso de las tecnologías ómicas. Esto dará una idea concreta a nuestros estudiantes de las nuevas líneas y tendencias en el manejo y control de los insectos-plagas en cultivos agrícolas.

Palabras clave: Hongos, bacterias, virus, nematodos, depredadores, feromonas, ómicas.

Introducción

En este capítulo se hizo una revisión exhaustiva de la literatura científica reciente sobre los diversos microorganismos utilizados en el control biológico de insectos -plaga. Sin embargo, esta modesta contribución seguramente no cubrirá toda la extensa literatura científica que cada día se va publicando en el mundo por muchos grupos de investigación.

Consideramos que este capítulo era importante escribirlo para estar a tono con lo que está aconteciendo en el mundo actual de la entomología agrícola.

Según Gonzáles–Castillo *et al.* (2012) y García y González (2010), en la actualidad la producción de alimentos enfrentan el reto de mantener un alto nivel de calidad, considerando aspectos de inocuidad alimentaria y sistemas de producción con retribución más justa para los productores. En muchos países son frecuentes e importantes los daños que causan los insectos-plagas tan conocidas como el gusano cogollero del maíz, la mosca de la fruta, el picudo del algodón y del manzano, las arañas rojas, las mosquitas blancas, las chicharritas o los pulgones que atacan a las plantas cultivadas (Alatorre *et al.* 2000).

Para controlar este tipo de insectos se recurrió al uso de plaguicidas químicos sintéticos clorados, organofosforados y piretroides, los cuales fueron exitosos en el control de plagas en sus inicios, minimizando las pérdidas de las cosechas. Sin embargo, como consecuencia de su uso inadecuado e indiscriminado, pronto aparecieron problemas de resistencia de los insectos hacia estos productos, así como un rápido crecimiento de las poblaciones de plagas secundarias y alteraciones ecológicas, causando efectos indeseables en el medio ambiente y en la salud del ser humano.

Esto ocasionó la prohibición o restricción de muchos insecticidas como el dieldrín, mirex, BHC, parathión etílico, toxafeno y DDT (Morales *et al.* 2009). Con el fin de minimizar estas consecuencias desfavorables, se ha propuesto disminuir el uso de los plaguicidas convencionales y desarrollar nuevas estrategias para un Manejo Integrado de Plagas (MIP), principalmente por medio del control biológico siendo este un método de control

de plagas más racional y respetuoso con el medio ambiente y acordes con la filosofía de “desarrollo sustentable” (Badii *et al.* 2006).

Según Salas-Araiza y Salazar Solís (2003) en los últimos años se incrementó el interés de los técnicos, agricultores, gobiernos y del público en general, sobre el uso del control biológico de insectos-plagas, como una alternativa de bajo impacto ambiental y una herramienta segura para los productores y los consumidores. Este interés se vio reflejado en la demanda de agentes de control biológico, lo cual a su vez promovió la creación de numerosos centros de reproducción de organismos benéficos en el mundo.

En estos centros se reproducen cantidades crecientes de varias especies de insectos benéficos, las cuales se utilizan para el control de diversas especies de insectos-plagas de los cultivos. Otro fenómeno de ocurrencia frecuente, es el empleo de agentes de control biológico procedentes de una zona ecológica en otras zonas diferentes ecológicamente, sin determinar la adaptación de los organismos a esas condiciones. Por estas razones, es necesario tomar en cuenta una serie de factores que influyen en la efectividad de los agentes de control biológico. Es preciso demostrar en el campo, la eficiencia y la conveniencia económica y ecológica del uso del control biológico para ganar la confianza de los productores (Salas-Araiza y Salazar-Solís 2003). A continuación, se considerarán algunos de los factores que influyen en el desempeño de los agentes de control biológico.

Control biológico

El Control Biológico es parte muy importante del manejo integrado de plagas (MIP), ya que además de cuidar y reforzar la acción de los agentes que normalmente están presentes en el ecosistema (Alatorre *et al.*, 2000) se desarrolla la manipulación deliberada de parasitoides, depredadores y patógenos de los insectos-plagas dentro del agroecosistema, diseñada o proyectada para reducir la población de insectos-plagas a un nivel que no produzca daños económicamente importantes (Badii *et al.*, 2006). A partir del uso de insectos entomófagos para el control de insectos plagas, el control biológico se extendió al uso de una amplia gama de organismos para el control de insectos. Entre los organismos más utilizados como agentes de control se incluyen virus, bacterias y sus toxinas, hongos y otros microorganismos patógenos. Estos organismos generalmente tienen como efecto la muerte directa de la especie de insecto que atacan o actúan como antagonistas inhibiendo el desarrollo de otros microorganismos mediante la excreción de sustancias (Rodríguez y Arredondo, 2007).

El problema de la identificación

La identificación exacta del insecto-plaga y del organismo que lo controla, es el primer paso para un control biológico. Como cualquier otro método de control, los organismos biológicos deben ser utilizados sobre la base de su confiabilidad; el fracaso en la aplicación de un método de control biológico tiene implicaciones económicas (Salas-Araiza y Salazar-Solís 2003).

El control biológico, en su origen, se fundamentó en la relación efectiva entre el enemigo natural y su víctima (hospedero o presa), de ahí que sea esencial la identificación correcta de las especies involucradas en esta relación. Es también fundamental determinar el lugar de origen de la plaga en cuestión, ya que los enemigos naturales más efectivos de la misma se encuentran generalmente en el centro de origen de la plaga. Salas-Araiza y Salazar Solís (2003), señalan que muchos supuestos enemigos naturales de la escama negra *Saissetia olea* (Olivier) (Homoptera: Coccidae) introducidos en California (Estados Unidos) desde diferentes partes del mundo, fracasaron; posteriormente el parasitoide *Metaphycus helvolus* (Compere) (Hymenoptera: Encyrtidae) se importó de Sudáfrica con

buenos resultados para el control de este homóptero, siendo el hábitat nativo en este país (Salas-Araiza y Salazar-Solís 2003).

DebBach (1979) menciona que cuando se estableció accidentalmente en California el himenóptero *Aphytis* que es un parásito de la escama roja, se creyó que era una sola especie; pero los estudios taxonómicos señalaron que al menos existen siete especies que tienen diferentes adaptaciones biológicas, ninguna de las cuales actualmente existe en California. Como resultado, fue posible introducir en este estado unos cinco nuevos parásitos muy prometedores de la escama roja de California.

Tipos de control biológico

Algunas de las mejores demostraciones de efectividad de los insectos benéficos los proporciona el llamado Control Biológico Clásico, que se define como la importación de un enemigo natural específico a una región geográfica determinada, donde una especie exótica de un insecto se estableció sin tener enemigos naturales, convirtiéndose así en una plaga. Para que un programa de control biológico sea exitoso, los enemigos naturales deberán reducir las poblaciones de la plaga a un nivel donde no se alcance el umbral económico de daños (Jervis y Kidd 1996).

Al establecer un programa eficiente de control biológico, es necesario hacer un uso adecuado de los agentes de control, lo que implica determinar el origen de la especie plaga; para ello, se requiere determinar si la plaga determinada fue introducida de otra región, ya que cuando esto sucede, la población tiene un crecimiento descontrolado debido a que no cuentan con mecanismos de regulación, como son los enemigos naturales. Contrario a lo anterior, existen casos en que las especies nativas descontrolan su crecimiento debido a que pierden los mecanismos de regulación de las poblaciones que funcionaban adecuadamente en el ecosistema natural, esto es común en ecosistemas agrícolas particularmente en los monocultivos extensos, donde el empleo indiscriminado de insecticidas o la simplificación ambiental reducen las poblaciones de enemigos naturales. Para controlar las del primer tipo, es decir las plagas exóticas, comúnmente se hace uso del control biológico clásico. Por otro lado, para el control de insectos - plagas nativos, se utiliza el control biológico por incremento y conservación de los enemigos naturales (Salas-Araiza y Salazar Solís 2003).

Factores para control biológico

Exploración del centro de origen de la plaga

Para realizar el control biológico clásico es necesario determinar taxonómicamente el insecto plaga, y a sus enemigos naturales, enseguida se deberá investigar cuál es el lugar de origen de la plaga. Una vez que se determinó el centro de origen de la plaga, se deberán realizar exploraciones de los enemigos naturales nativos en esos lugares o en regiones con condiciones climáticas similares, y decidir si se emplean todas las especies de insectos benéficos encontradas o sólo una de ellas. Es importante decidir si se empleará una especie o varias, ya que una puede desplazar a la otra; sin embargo, hay casos en que todas las especies introducidas han resultado exitosas como es el caso de las especies de insectos benéficos utilizados para el control de la mosca prieta de los cítricos en México (Trujillo 2000).

Cuarentena de los organismos importados

Las especies de insectos benéficos importadas de los centros de origen, deberán reproducirse cuando menos durante una generación bajo condiciones cuarentenarias, el objetivo es prevenir cualquier introducción de especies no

deseables de insectos fitófagos, hiperparásitos, malas hierbas, o enfermedades de plantas, y confirmar los hábitos de las especies recién introducidas, así como la capacidad de depredación y reproducción; posteriormente, es posible reproducirlos masivamente para su liberación.

En el caso de las liberaciones inoculativas, el tamaño de la población de la especie benéfica permite que su descendencia regule a la población de la plaga de interés. En este tipo de liberaciones es necesario que se busque la sincronización de las fenologías de las poblaciones de entomófagos y fitófagos, porque suele ocurrir que las liberaciones se hagan en periodos en que el huésped no es susceptible de ser parasitado; desde luego que algo fundamental es la selección adecuada de las especies entomófagas que se reproducirán y liberarán (Salas-Araiza y Salazar Solís 2003).

Control biológico aumentativo

En el control biológico aumentativo pueden utilizarse dos estrategias, las liberaciones inundativas y las liberaciones inoculativas: en el primer caso, corresponde a una liberación intencionada del enemigo natural para el control de la plaga de forma inmediata, los individuos liberados participan directamente en el control y el impacto de la descendencia marginal. Es fundamental en este tipo de liberaciones la disponibilidad oportuna y suficiente de material producido por los insectarios encargados de la reproducción masiva.

En el caso de las liberaciones inoculativas el tamaño de la población de la especie benéfica permite que su descendencia regule a la población de la plaga de interés. En este tipo de liberación es necesario que se busque la sincronización de las fenologías de las poblaciones de entomófagos y fitófagos, porque suele ocurrir que las liberaciones se hagan en períodos en que el huésped no es susceptible de ser parasitado (Salas-Araiza y Salazar Solís 2003).

Control biológico por conservación de enemigos naturales

El control biológico por conservación consiste en la modificación del ambiente para favorecer la permanencia y la plaga de uno o más enemigos naturales. El control biológico por conservación de especies entomófagas se emplea básicamente en el control de especies nativas, en él se deberá promover la disponibilidad de huéspedes alternativos y fuentes de alimentación para los entomófagos adultos, esto se logra con la diversificación vegetal. Entre las prácticas más comunes del control biológico de conservación, está el establecimiento de mosaicos de cultivo, de policultivos, conservación y manejo de la vegetación silvestre, cosecha de bandas, y distribución de zonas de refugio, o la aplicación de semioquímicos para favorecer el encuentro de enemigos naturales (Salas-Araiza y Salazar Solís 2003).



Figura 6.1. *Beauveria bassiana* atacando coleopteros. Obtenido del internet.

Microorganismos controladores de insectos-plaga

Hongos entomopatógenos

Aragón y Beltrán-Acosta (2018), mencionan que en la década de los noventa, el comité de micología de la Sociedad

Americana de Fitopatología (APS, por su sigla en inglés) organizó una de las primeras sesiones de discusión acerca de la aparición de hongos endófitos en plantas leñosas y gramíneas (Backman y Sikora 2008). Esta discusión dio inicio a una serie de publicaciones que buscaban darle visibilidad ante la comunidad científica al fenómeno del endofitismo en estas especies.

En general, los hongos fueron una de las mejores alternativas para el control de plagas en los últimos años. Más de 750 especies de hongos se documentaron infectando insectos (National Academy of Sciences 1979). Entre los hongos más utilizados como insecticidas biológicos se incluye a *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Figuras 6.1, 6.2), y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Monzón, 2001; Rodríguez y Arredondo, 2007). Aproximadamente el 80% de las enfermedades que se producen en los insectos tienen como agente causal un hongo (Badii *et al.* 2006).

Los hongos entomopatógenos poseen características muy especiales que les permiten sobrevivir en forma parasítica sobre los insectos y en forma saprofita sobre material vegetal en descomposición. El crecimiento saprofita puede dar como resultado la producción de conidióforos, conidios y desarrollo micelial, lo cual permite que el hongo pueda ser cultivado en el laboratorio utilizando técnicas de producción en masa de bajo costo (Alean Carreño 2003). Prácticamente, todos los insectos son susceptibles a algunas de las enfermedades causadas por estos hongos.

Se conocen aproximadamente 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos. Entre los géneros más importantes se encuentran: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Monzón, 2001).

Sin embargo, en esta obra queremos de manera breve compartirles acerca de algunos géneros de hongos endófitos. Estos se definen como microorganismos que viven durante todo o parte de su ciclo de vida dentro de los tejidos de plantas vivas sin ocasionar ningún síntoma o efecto negativo en su planta hospedera y cuya colonización interna es demostrable (Rodríguez *et al.* 2009, Saikkonen *et al.* 1998, Schulz y Boyle 2006, Stone *et al.* 2000). Los hongos endófitos pueden distinguirse de las micorrizas por la ausencia de estructuras externas como hifas o micelio (Saikkonen *et al.*, 1998); además, cuentan con capacidad para explotar diferentes fuentes nutricionales (Ownley 2010).

Cotes (2018) menciona que su amplia biodiversidad, así como su capacidad de síntesis de metabolitos secundarios, promoción de crecimiento e inducción de resistencia sistémica, entre otras características, hacen de los hongos endófitos una alternativa de alto potencial para su aplicación en el manejo de insectos plagas y enfermedades en cultivos de importancia agrícola. Sin embargo, el estudio de microorganismos endófitos es un área relativamente nueva en la investigación: su biología y las bases moleculares de la interacción planta - endófito se encuentran aún poco exploradas para el caso de los hongos que colonizan plantas vasculares, lo cual reduce el espectro de desarrollo de nuevos productos a base de endófitos, dada la dificultad de generar una formulación que garantice la permanencia del hongo fuera de la planta hospedera y permita la penetración del mismo en diferentes momentos de desarrollo de esta.

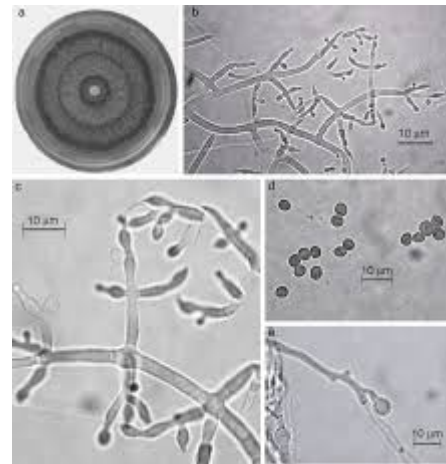


Figura 6.2. Estructura microòpica de *Beauveria bassiana*. Obtenido del

La clasificación funcional de los endófitos se basó en la filogenia y las características del ciclo de vida, y fueron asociados en dos grupos: los endófitos clavicipitáceos que se recuperan de algunas gramíneas y los endófitos no clavicipitáceos que se recuperan de tejidos asintomáticos de plantas no vasculares, helechos y plantas relacionadas, coníferas y angiospermas (Rodríguez *et al.* 2009).

Diferentes mecanismos de acción y aplicaciones de los microorganismos endófitos fueron descritos en la última década (Cotes 2018). Los microorganismos endófitos pueden inducir la expresión de genes en las plantas para la producción de metabolitos secundarios en estas o en el medio donde se desarrollan, los cuales pueden ser extraídos para diferentes propósitos. Adicionalmente, estas sustancias pueden interferir con organismos potencialmente patógenos de la planta hospedera y pueden inducir resistencia a enfermedades, mayor tolerancia a factores abióticos y cambio en la calidad de los productos de la planta. Por lo tanto, los hongos endófitos pertenecen al grupo de agentes de control biológico microbianos en la regulación EU 1107/200 (Camino-Sánchez *et al.* 2011). Estos se definen como cualquier ente microbiológico, incluidos los virus y los hongos inferiores, celulares o no celulares, capaces de replicarse o de transferir material genético (Feldmann y Hommes, 2013).

La colonización endófitas, además de actuar en el control de fitopatógenos, es conocida por su capacidad de mejorar la resistencia contra insectos herbívoros debido a la modulación que ejerce en el sistema de defensa de las plantas que acompaña el proceso de inoculación (Dicke *et al.* 2009, Pieterse *et al.* 2013, Poelman *et al.* 2012). Adicionalmente, induce cambios en la calidad nutricional de las plantas y en la producción de varios compuestos de defensa de la planta, de tipo alcaloide (Thakur *et al.* 2013). Existe una amplia evidencia de la capacidad de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Lecanicillium lecanii* de colonizar tejidos vegetales de algunas especies, lo cual, dependiendo de la especie de planta y de la cepa el hongo, o si por el contrario la interacción es neutra e incluso antagónica (Vidal y Jaber 2015). Estos mismos autores mencionan que existen algunos efectos adversos sobre los insectos que se alimentan de plantas colonizadas por estos endófitos, sin embargo, los datos son altamente variables e inconsistentes, lo cual no permite determinar los mecanismos que explican tales efectos. Por su parte, Vega (2008) reportó que, de una colecta de hongos endófitos en plantas de café, el hongo entomopatógeno *B. bassiana* y el antagonista de fitopatógenos *Clonostachys rosea*, a pesar de haber sido aislados de tejidos vegetales, fueron capaces de ocasionar patogenicidad en individuos de la broca del café *Hypothenemus hampei*. *Beauveria bassiana* fue reportado colonizando exitosamente tejidos vegetales como hojas, raíces y tallos de plantas de frijol *Phaseolus vulgaris* como resultado de una inoculación artificial por medio de aspersión foliar o aplicación en el sustrato con una suspensión de sus esporas (Parsa *et al.* 2013), al igual que en tallos de plantas de café (Posada *et al.* 2007), en *Papaver somniferum* cv. *nigrum* (Quesada-Moraga *et al.* 2006) y también en cultivos *in vitro* de banano *Musa* spp. En estos últimos se presentó un detrimento en la sobrevivencia de larvas de *Cosmopolites sordidus* (Akello *et al.* 2008). De otra parte, la colonización endófitas de plántulas de tomate y algodón con *B. bassiana* proporcionó una mayor protección contra los fitopatógenos *Rhizoctonia solani* y *Pythium myriotylum* a mayor concentración aplicada en semilla (Ownley *et al.* 2008).

Bacterias

Bacillus es un género cosmopolita en el suelo, y constituye uno de los principales grupos de microorganismos benéficos utilizados contra enfermedades causadas por fitopatógenos del suelo (Weller 1988, Pérez-García *et al.* 2011, Moreno-Velandia 2018).

Con excepción de algunas especies patogénicas (*B. cereus* y *B. anthracis*), el género *Bacillus* incluye especies con propiedades generalmente reconocidas como seguras o con calificación de presuntamente seguras (gras/qps, por su sigla en inglés) (Monaci *et al.* 2016). En los años recientes se ha incrementado la aplicación comercial de PGRP en agricultura, para aumentar el rendimiento de algunos cultivos y para reducir el uso de agroquímicos. Cerca del 75 % de los productos comerciales hechos a base de microorganismos están formulados con bacterias (Lazarovits *et al.* 2014), de las cuales se usan varias especies del género *Bacillus* spp. debido a su capacidad para formar endosporas. Estas últimas les brindan ventajas para resistir condiciones de exposición a compuestos químicos, radiación, desecación y déficit nutricional (Emmert y Handelsman 2006, Ongena y Jacques 2008, Weller 1988). De hecho, el primer producto a base de *B. subtilis* (Figura 6.3) fue el Alinit, que fue comercializado en 1897 como fertilizante bacteriano para cereales (Borriss 2011). Especialmente, miembros del complejo de especies del grupo *B. subtilis* —tales como *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis* y *B. pumilus*— probaron ser eficientes en la promoción del crecimiento vegetal y en el control biológico de fitopatógenos (Borriss 2015).



Figura 6.3. *Bacillus subtilis*. Obtenido del internet.

Así mismo, González–Castillo *et al.* (2012) mencionan que se conocen tres especies de bacterias con posibilidad de ejercer control sobre insectos: *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphaericus*, y *Bacillus popilliae*. Sin embargo, estas especies presentan algunas subespecies y muchas razas que durante su proceso de esporulación producen cristales proteicos con efecto insecticida y/o algunas toxinas con el mismo efecto. Estas bacterias fueron encontradas colonizando insectos de los órdenes Díptera, Ortóptera, Hymenóptera y Coleóptera. Destaca el empleo de *Bacillus thuringiensis* para el control de larvas de lepidópteros que atacan a plantas agrícolas y forestales. La aplicación de bacterias entomopatógenas se realiza a través de la liberación por inundación. Es conocido que *B. thuringiensis* puede persistir en el medio ambiente, incluido el suelo durante varios años (Mozgovaya *et al.* 2002).

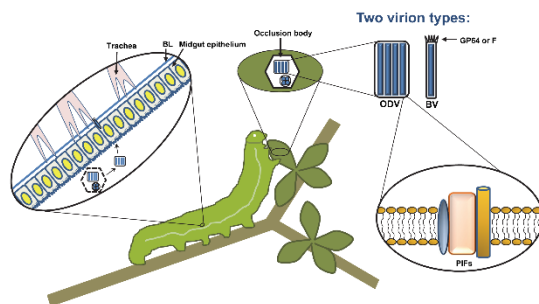


Figura 6.4. Baculovirus atacando larvas. Obtenido del internet.

Virus entomopatógenos

Los virus son la forma más simple de vida y consisten básicamente en una partícula o estructura submicroscópica compuesta por un ácido nucleico (ADN o ARN) y una proteína de cubierta (cápside) que juega un papel importante en el proceso de infección (Figura 6.4). La núcleo-cápside puede estar rodeada por una bicapa lipídica formando un virión, y algunos viriones se encuentran embebidos en una matriz proteica denominada *cuerpo de inclusión* (ci) (Del Rincon e Ibarra 2011, Villamizar *et al.* 2018).

Según Villamizar *et al.* (2018), la clasificación de los virus patógenos de insectos cambio con el paso del tiempo. Inicialmente, se agruparon de acuerdo con la presencia o ausencia de cuerpos de inclusión (ci) y la morfología del virión, y después se utilizaron otros

criterios, como el grupo de hospederos y el tipo de tejido afectado. Actualmente se clasifican siguiendo los parámetros utilizados para la clasificación de los virus patógenos de animales, como, por ejemplo: el tipo de ácido nucleico, la simetría de las subunidades de la cubierta de proteína, la forma y el tamaño de la partícula viral y la presencia o ausencia de envoltura (Del Rincon & Ibarra 2011).

Pero, las familias de virus más comunes y que fueron estudiados ampliamente en el control de plagas fueron principalmente: *Baculoviridae*, virus de la poliedrosis nuclear que ataca Lepidópteros e himenópteros (Kelly 1982, Moscardi 1999); *Reoviridae*, virus de la poliedrosis citoplasmática que ataca Lepidópteros y Dípteros. La familia Reoviridae está compuesta por virus ARN (ácido ribonucleico) de doble cadena que se caracterizan por tener viriones con forma icosaédrica incluidos dentro de cuerpos de inclusión poliedrales (Renault *et al.* 2005). Los reovirus de insectos se clasifican dentro de las dos subfamilias: Sedoreovirinae y Spinareovirinae. Dentro de la subfamilia Spinareovirinae se encuentran los géneros *Cypovirus* e *Idnoreovirus*, entre otros; los primeros son los más estudiados y de mayor interés (Caballero y Williams 2008); y *Poxviridae* virus entomopox que ataca Lepidópteros y Coleópteros. Los virus de esta familia están compuestas de ADN (ácido desoxirribonucleico) de doble cadena que comprenden dos subfamilias: la Entomopoxvirinae y la Chordopoxvirinae. La primera de ellas comprende a los entomopoxvirus patógenos de insectos, que se caracterizan por formar *ci* ovoidales, conocidos como *esferoides*, que contienen viriones de tipo esferoide que se replican en el citoplasma de las células infectadas y utilizan los hemocitos para diseminarse por todos los tejidos de la larva (Del Rincón 2010).

El uso de virus como agentes de control de las poblaciones de insectos plaga, en su origen, fue formulado como un método para establecer equilibrios ecológicos. Sin embargo, progresivamente este concepto evolucionó hacia el desarrollo y la producción de bioinsecticidas, como productos alternativos para remplazar a los insecticidas químicos (Villamizar *et al.* 2018).

De los virus entomopatógenos, los baculovirus son los más utilizados con fines de control biológico, debido a que tienen un rango de hospedantes limitado a algunas especies de Lepidópteros, Himenópteros, Dípteros, Coleópteros y Tricópteros. Se encontró hasta 450 especies de virus patógenos de insectos y ácaros (Badii *et al.* 2006). Además del rango de hospedantes, los baculovirus reúnen cualidades que le proporcionan ventajas en comparación con los demás virus entomopatógenos (Caballero y Williams, 2008 *citado por* Ayala y Henderson, 2017) estas son: a) la partícula viral se encuentra protegida por cuerpos de inclusión, lo que le proporciona mayor soporte a la degradación ambiental; b) presentan especificidad para los artrópodos; por lo tanto, no existe ningún representante de la familia que ataque plantas, otros animales o al hombre, c) presentan una elevada patogenicidad y virulencia creando epizootias naturales.

Nematodos entomopatógenos

Los nematodos entomopatógenos (NEPs) son eficientes agentes de control biológico y su uso es ampliamente extendido en zonas agrícolas en muchos países del mundo (Figura



Figura 6.5. Nematodo entomopatógeno. Obtenido del internet.

6.5). Es notorio mencionar que a partir de diversos estudios se seleccionó algunos nematodos para el control de diversas plagas, como *Pachnaeus litus* Guer y *Phyllophaga* spp. Estas cepas se emplean en el manejo de *Plutella xylostella* L., *Spodoptera frugiperda* Smith, *Heliothis* spp., y varios representantes de Hemiptera, entre otras (Fimbres-Cubillas y Flores-Lara 2016).

Los nematodos son organismos en forma de gusanos redondos, no segmentados que tienen diferentes “estilos de vida”, incluyendo los de vida-libre, los predadores y los parásitos. La biodiversidad de estos organismos animales es extensa, existen cerca de 40 familias asociadas con insectos, sin embargo los nematodos entomopatógenicos (NEPs) pertenecen exclusivamente a dos familias: la Steinernematidae y la Heterorhabditidae (Fimbres-Cubillas y Flores-Lara, 2016), que son agentes de control biológico de amplia utilización a escala mundial, y existen numerosos productos comerciales en América Latina, Europa, Japón y Estados Unidos de América, entre otros (Rodríguez *et al.* 2012).

Según lo indican Fimbres-Cubillas y Flores-Lara (2016), una vez que el nematodo localiza al hospedero, lo penetra a través de las aberturas naturales como la boca, ano y/o espiráculos y en algunos casos a través de la cutícula. Una vez que está en el hemoceloma del insecto regurgita o defeca la bacteria simbiótica especie específica en la hemolinfa del insecto. La bacteria prolifera en el cuerpo del insecto y alcanza altas densidades, en este punto produce diversos compuestos antimicrobiales que suprimen el crecimiento de microorganismos antagónicos creando así un ambiente favorable para la reproducción y desarrollo del nematodo. La bacteria también auxilia en la muerte del insecto y en proveer nutrientes al nematodo. El insecto infectado muere en las siguientes 48-72 horas y el nematodo se alimenta de la bacteria simbiótica y de los tejidos del insecto (Koppenhofer *et al.* 2006).

Conforme la infección progresa el tejido del hospedero es consumido por los nematodos y sus simbioses. El infectivo juvenil (IJ) (3er estadio), muda y pasa al 4to estadio juvenil y después se desarrolla en un adulto de primera generación (hembra o macho en el caso de *Steinernema* spp. o en un hermafrodita adulto en el caso de *Heterorhabditis* spp). Se producen de 1 a 3 generaciones en el cadáver del insecto y cuando el alimento escasea, o el espacio es limitante la bacteria simbiótica se reasocia al infectivo juvenil y este emerge del cadáver para buscar un nuevo hospedero en el suelo y repetir el ciclo. El número de IJ producidos por insecto varía con la especie del nematodo y del hospedero (Herbert *et al.* 2007).

El IJ es el único estadio en el ciclo del NEP donde el nematodo está libre en el suelo y no se alimenta. En un medio ambiente húmedo mediante el uso de una película de agua los NPSs pueden moverse verticalmente y horizontalmente y buscar su hospedero para penetrarlo. Los infectivos juveniles pueden esperar a su hospedero en el mismo sitio (como cuando se pone una emboscada), también pueden salir a buscarlo activamente (“los buscadores”) o bien presentar una modalidad intermedia entre las dos primeras. Los IJ que esperan a su presa se encuentran cerca de la superficie del suelo y generalmente atacan a insectos móviles. Estos nematodos levantan su cuerpo del substrato (“nictación”) y saltan hacia las señales volátiles asociadas al hospedero cuando este pasa cerca de ellos.

Los buscadores generalmente los encontramos a mayores profundidades del suelo y atacan más efectivamente a los hospederos sedentarios ya que se mueven hacia las señales asociadas con el hospedero. La selección natural probablemente favorece los IJs que son capaces de evaluar la condición del hospedero potencial antes de la invasión, ya que los infectivos juveniles que se encuentran con hospederos sanos deben superar el sistema inmunológico y los mecanismos de defensa del insecto para establecer una infección. Cuando se encuentran con un hospedero que ya está infectado, la edad de la infección puede ser un factor que puede afectar la pertinencia del hospedero, ya que un infectivo juvenil que llega al hospedero recién iniciada la infección, dispone de más recursos mientras que el que invadió una vez muerto el hospedero cuenta con recursos muy limitados. Otros factores que pueden afectar la pertinencia del hospedero incluyen compuestos vegetales consumidos por el hospedero y la competencia heteroespecífica (Kunkel *et al.* 2006, Smits, 1997).

Figura 6.6. Uso de feromonas en la agricultura. Obtenido del internet.

Feromonas para el control de insectos-plaga

Borrero-Echeverry *et al.* (2018), mencionan que la comunicación química es la más antigua de la naturaleza; además, es utilizada por todos los seres vivos sin excepción. Los compuestos químicos involucrados en dicha comunicación son denominados semioquímicos y, tradicionalmente, fueron subdivididos en cuatro categorías: alomonas, sinomonas, cairomonas y feromonas. Las alomonas, sinomonas y cairomonas son compuestos involucrados en la comunicación interespecífica: las alomonas presentan un beneficio al organismo que las produce y costo al organismo que las percibe; por otra parte, las cairomonas presentan un costo para el emisor y beneficio para el receptor, y las sinomonas benefician tanto al emisor como al receptor.

Las feromonas son los semioquímicos más estudiados en la ecología química de los insectos. Decenas de miles de compuestos han sido identificados como feromonas, o parte de una feromona, en más de 3 mil especies de insectos (El-Sayed 2014).

Las feromonas fueron tradicionalmente subdivididas en feromonas de alarma, reclutamiento, territorialidad, trilla, sexuales y de agregación (Regnier 1971). Las feromonas de alarma son utilizadas por un individuo para avisarle a otros de su especie la presencia de depredadores o si la colonia se ve amenazada, llevando a comportamientos de huida, frecuente en áfidos o de defensa, en abejas, avispa y termitas (Vilela y Della 2001). Las feromonas de reclutamiento son utilizadas por insectos con cierto grado de sociabilidad y sirven para reunir más individuos, con el fin de aprovechar un recurso o para ocupar un nicho (Vander Meer *et al.* 1998, Yew y Chung 2015). Las feromonas de territorialidad son utilizadas por hormigas y abejas para marcar el área específica donde se establecerá la colonia, para indicar la entrada al nido o para diferenciar un nido de otra colonia (Borrero-Echeverry *et al.* 2018). Las feromonas de trilla o de marcación del camino, son utilizadas por insectos sociales como hormigas y termitas para la orientación de individuos de su colonia hacia la fuente de alimento o nuevos sitios de vivienda (Vilela y Della 2001).

Las feromonas sexuales de las polillas son las más estudiadas, dado que incitan un comportamiento de vuelo estereotípico en los machos al ser la principal señal que utilizan para localizar hembras específicas. Además, las feromonas producidas por las hembras también sirven como afrodisiacos y hay evidencia de que



feromonas producidas por los machos pueden ejercer la misma función en algunas especies (Jacobson 2012). Las feromonas sexuales normalmente presentan dimorfismo: las sustancias producidas por machos y hembras de una misma especie son constituidas por compuestos diferentes y cumplen papeles diferentes, lo que significa que no solo funcionan como señales intraespecíficas, sino también como señales inter e intragénero (Vosshall 2008). En contraposición, las feromonas de agregación atraen tanto a machos como a hembras para alimentación, reproducción o hibernación de la misma especie y son comunes en los órdenes Coleóptera, Blattodea y Hemíptera, pero fueron principalmente estudiadas en coleópteros gracias a su importancia económica (Gries *et al.* 2015; Symonds y Gitau-Clarke 2016).

Depredadores para control de insectos-plaga

Los depredadores fueron utilizados para el control de plagas agrícolas desde los inicios del concepto moderno de control biológico (Kondo *et al.* 2018). Se utilizaron con relativo éxito en cultivos de invernadero y campo (Figura 6.7). Algunas características de la biología de los depredadores, como la amplitud de la dieta y la elevada capacidad de consumo de presas por individuo, hacen de estos organismos excelentes candidatos como agentes de control de plagas (Kondo *et al.* 2018). Sin embargo, el uso de depredadores en programas de control biológico aumentativo en Latinoamérica se limitó al uso de algunos coccinélidos y de ácaros depredadores (Phytoseiidae) (Figura 6.8). Esto contrasta con la amplia diversidad de parasitoides y microorganismos que se crían o propagan para el control de plagas en cultivos de invernadero y de libre exposición (Kondo *et al.* 2018).

El comportamiento de búsqueda de presas asociado con la amplitud de la dieta de los depredadores es un factor que requiere ser estudiado y tenido en cuenta antes de seleccionar uno de ellos como agente de control biológico (Kondo *et al.* 2018). En teoría, entre más específica sea la dieta de un depredador, mayor será la probabilidad de que un programa de control biológico por aumentación resulte en una rápida reducción de las poblaciones de la plaga. Sin embargo, depredadores con dietas específicas son indicados para cultivos transitorios o de invernadero, en los que el establecimiento no es un objetivo primordial.

Por otro lado, la liberación de depredadores con dietas diversas puede ser menos eficiente en la reducción de poblaciones de plagas a corto plazo, pero presenta una mayor probabilidad de establecimiento y de favorecer, en consecuencia, un control biológico sostenido a largo plazo, sin la necesidad de llevar a cabo nuevas liberaciones (Kondo *et al.* 2018).

Las ómicas en el control de insectos-plaga

Según Barrera *et al.* (2018), en los últimos años los avances tecnológicos posibilitaron explorar la naturaleza como nunca y, en consecuencia, posicionar la biología como una ciencia de la información. Entre estas nuevas aproximaciones metodológicas de las ciencias de la vida se destacan las *disciplinas ómicas*, cuyo objeto de estudio son conjuntos biomoleculares particulares (ADN, ARN, proteínas o metabolitos secundarios) analizados mediante procedimientos de alto rendimiento (Figura 6.9).

En este sentido, la genómica (con sus derivados: pangenómica y metagenómica), la transcriptómica, la proteómica y la



Figura 6.7. Depredadores naturales. Obtenido del internet.



Figura 6.8. Coccinélido atacando a pulgón. Obtenido del internet.



Figura 6.9. Ciencias ómicas en el control de plagas. Obtenido del internet.

metabolómica, entre otras disciplinas ómicas, conforman líneas de estudio imprescindibles para describir la naturaleza y potenciar la producción de bienes y servicios biotecnológicos. Describiremos brevemente algunos de los procedimientos empleados para hacer estudios ómicos y se resalta su utilidad en la investigación y el desarrollo de agentes de control biológico para invertebrados plaga y fitopatógenos.

Impacto de las ómicas en el control biológico

Las disciplinas ómicas tuvieron un impacto trascendente en todas las ramas científico-tecnológicas (Barrera *et al.* 2018). Los avances en el modelado de los sistemas biológicos, en los estudios de genómica funcional, en las herramientas bioinformáticas que apoyan la producción de información a partir de datos experimentales y en los procedimientos de ingeniería genética de la era pos-genómica produjeron una extraordinaria revolución en la agricultura y le permiten al humano una cantidad importante de aplicaciones (Thao y Tran 2016). Por ejemplo, gracias a las “tecnologías de secuenciación de siguiente generación” (*next generation sequencing* o NGS), se puede conocer la relación ancestral de los cultivares de plantas (Brozyska *et al.* 2017), describir el microbioma de la rizósfera (exófitos y endófitos) que favorece la fijación de nutrientes (Mitter *et al.* 2017) o ayudar en la completa identificación de virus que comprometen la sanidad vegetal (Rozado-Aguirre *et al.* 2017).

También, es posible conocer el genoma de las plagas invertebradas (con toda la variabilidad pangénómica de las especies circulantes) (Xie *et al.* 2017) y de sus enemigos naturales (otros invertebrados, bacterias, hongos y virus biocontroladores), como es el caso de un nucleopoliedrovirus que infecta larvas de *Spodoptera frugiperda*, cuyo análisis genómico reveló la ocurrencia en la naturaleza de fenómenos de transferencia horizontal de genes (Barrera *et al.* 2015).

Así también, se puede comprender como atacan y como se defienden los organismos presentes en nuestros agroecosistemas, lo cual revela que moléculas y funciones se expresan ante determinadas circunstancias fisiopatológicas mediante diferentes aproximaciones: transcriptómicas, por ejemplo, que ayudaron en el descubrimiento de los genes asociados a la resistencia insecticida en *Bactrocera dorsalis* (Hsu *et al.* 2012); proteómicas, que sirven, por ejemplo, para controlar el crecimiento y el desarrollo de las plantas, así como para entender sus respuestas a estreses bióticos y abióticos (Tan *et al.* 2017); y metabolómicas, que, entre otras aplicaciones, ayudaron a entender los efectos de algunos pesticidas sobre los vegetales que consumimos (Zhao *et al.* 2017).

En referencia particular al control biológico, las herramientas ómicas posibilitan caracterizar en términos moleculares los ingredientes activos que conforman formulaciones bioplaguicidas, es decir, ingredientes activos de los entomopatógenos y antagonistas de fitopatógenos (por ejemplo, virus, bacterias, hongos o nematodos). De este modo, se facilita la elección de los mejores candidatos, su posterior registro y su seguimiento en campo (Barrera *et al.* 2018).

Las herramientas ómicas también son de vital importancia para el reconocimiento de las especies o biotipos de los organismos plaga en los cultivos (fitopatógenos y fitófagos) y para la descripción de las huellas metabólicas derivadas de las interacciones entre pares de una misma especie o con las especies que utilizan como alimento (Barrera *et al.* 2018).

REFERENCIAS

- Ayala J. y Henderson D. (2017) Potencial de los Baculovirus para el manejo de plagas agrícolas en Cuba. *Revista Centro Agrícola. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.* 44(3): 80 - 97
- Alatorre R., Bravo H., Leyva J., Huerta A. 2000. Manejo Integrado de Plagas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. pp 12.
- Akello J, Dubois T, Coyne D, Kyamanywa S (2008) Endophytic *Beauveria bassiana* in banana (*Musa* spp.) reduces banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) fitness and damage. *Crop Protection*, 27(11), 1437-1441. doi:10.1016/j.cropro.2008.07.003.
- Aragón SM, Beltrán-Acosta C (2018) Los hongos endófitos en el control biológico de fitopatógenos e insectos plaga in Páginas 854-873. Alba Marina Cotes , Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 2: Aplicaciones y perspectivas. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia).ISBN Volumen 2(e): 978-958-740-254-4.
- Badii MH, Abreu JL (2006) Biological control a sustainable way of pest control. *International Journal of Good Conscience.* 1(1): 82-89.
- Barrera GP, Belaich MN, Patarroyo MA, Villamizar LF, Ghiringhelli PD (2015) Evidence of recent interspecies horizontal gene transfer regarding nucleopolyhedrovirus infection of *Spodoptera frugiperda*. *BMC Genomics* 16: 1008. doi:10.1186/s12864-015-2218-5.
- Barrera GP, Ghiringhelli PD, Mosher S, Caro-Quintero A, Massart S, Belaich MN (2018) in Páginas 954 – 982. Alba Marina Cotes, Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 2: Aplicaciones y perspectivas. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia).ISBN Volumen 2(e): 978-958-740-254-4.
- Borrero-Echeverry F, Barreto-Triana N, Milena Aragón-Rodríguez S, Fernando Rivera-Trujillo H, Oehlschlager C, Marina Cotes A (2018) Las feromonas en el control de insectos in in Páginas 414 - 445 in Alba Marina Cotes (ed.); Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 2: Aplicaciones y perspectivas. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia).ISBN Volumen 2(e): 978-958-740-254-4.
- Borriss R (2011) Use of plant-associated *Bacillus* strains as biofertilizers and biocontrol agents in agriculture. En D. K. Maheshwari (Ed.), *Bacteria in agrobiolgy: Plant growth responses* (pp. 41-76). Berlin, Alemania: Springer Berlin. doi:10.1007/978-3-642-20332-9_3.
- Brozynska M, Copetti D, Furtado A, Wing RA, Crayn D, Fox G, Henry RJ (2017) Sequencing of Australian wild rice genomes reveals ancestral relationships with domesticated rice. *Plant Biotechnology Journal* 15(6): 765-774. doi:10.1111/pbi.12674.
- Camino-Sanchez FJ, Zafra-Gomez A, Ruiz-Garcia J, Bermudez-Peinado R, Ballesteros O, Navalón A, Vilchez JL (2011) UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 accredited method for the determination of 121 pesticide residues in fruits and vegetables by gas chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(3), 427-440. doi:10.1016/j.jfca.2010.11.009.

- DeBach P (1979). Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. México D.F. C.E.C.S.A. 949 pp.
- Del Rincon M (2010). Los virus entomopatogenos: una alternativa viable en el control de plagas in Sociedad Mexicana de Control Biologico, *Memorias xxi Curso Nacional de Control Biologico* (pp. 111-120). Uruapan, Mexico: Impresos Gutierrez.
- Del Rincon M, Ibarra J (2011) Entomopathogenic Viruses. En: N. Rosas (Ed.), *Biological Control of Insect Pests* (pp. 29-64). Houston, EE. UU.: Studium Press llc.
- Dicke M, Van Loon JJ, Soler, R (2009) Chemical complexity of volatiles from plants induced by multiple attack. *Nature Chemical Biology*, 5(5), 317-324. doi:10.1038/nchembio.169.
- El-Sayed A (2014) *The Pherobase: Database of pheromones and semiochemicals*. Recuperado de <http://www.pherobase.com/about>.
- Emmert EAB, Handelsman J (2006) Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective. *FEMS Microbiology Letters*, 171(1), 1-9. doi:10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x.
- Feldmann F, Hommes M (2013) Endophytes for plant protection: the registration process at a glance. En: C. Schneider, C. Leifert, & F. Feldmann (Eds.), *Endophytes for plant protection: the state of the art* (pp. 214-222). Braunschweig, Alemania: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft.
- Fimbres Cubillas G, Flores-Lara Y (2016) Potencialidad y Retos del Uso de Nematodos Entomopatógenos para el Control Biológico de Plagas. I: Control biológico mediante una asociación simbiótica NEP-Bacteria. Unison Volumen 11 No. 1 (Enero-Junio 2016): 27-36. Disponible en [file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/invurnusPotencialidadyRetosdelUsodeNematodosEntomopatgenosparaelControlBiologicodePlagasIControlbiologicomedianteunaasociacinsimbiticaNEPBacteria%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/invurnusPotencialidadyRetosdelUsodeNematodosEntomopatgenosparaelControlBiologicodePlagasIControlbiologicomedianteunaasociacinsimbiticaNEPBacteria%20(1).pdf)
- Fuchs JG, Moenne-Loccoz Y, Defago G (1997) Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 induces resistance to *Fusarium* wilt in tomato. *Plant Disease*, 81(5), 492-496. doi:10.1094/PDIS.1997.81.5.492.
- García C, González M (2010) Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Ra Ximhai*, 6(1): 17-22.
- Garrido-Jurado I, Resquin-Romero G, Amarilla SP, Rios-Moreno A, Carrasco L, Quesada-Moraga E (2017) Transient endophytic colonization of melón plants by entomopathogenic fungi after foliar application for the control of *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Pest Science*, 90(1), 319-330. doi:10.1007/s10340-016-0767-2.
- González-Castillo M, Aguilar CN, Rodríguez-Herrera R (2012) Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatogenos: retos y perspectivas. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 4(8): 1-14. Disponible en https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/56566701/5.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCONTROL_DE_INSECTOS-PLAGA_EN_LA_AGRICULT.pdf
- Gries R, Britton R, Holmes M, Zhai H, Draper J, Gries G (2015) Bed bug aggregation pheromone finally identified. *Angewandte Chemie*, 54(4), 1151-1154. doi:10.1002/anie.201409890.

- Gunatilaka AAL (2006) Natural products from plant-associated microorganisms: Distribution, structural diversity, bioactivity, and implications of their occurrence. *Journal of Natural Products*, 69(3), 509-526. doi:10.1021/np058128n.
- Herbert EE, Goodrich-Blair H (2007) Friend and foe: two faces of *Xenorhabdus nematophila* Nature 5:634- 646. DOI:10.1038/nrmicro1706.
- Herre EA, Mejia LC, Kyllö DA, Rojas E, Maynard Z, Butler A, Van Bael SA (2007) Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae. *Ecology*, 88(3), 550-558. doi:10.1890/05-1606.
- Hu, G., & Leger, R. J. S. (2002). Field studies using a recombinant mycoinsecticide (*Metarhizium anisopliae*) reveal that it is rhizosphere competent. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12), 6383-6387. doi:10.1128/AEM.68.12.6383.
- Hsu JC, Chien TY, Hu CC, Chen MJM, Wu WJ, Feng HT, Chen CY (2012) Discovery of genes related to insecticide resistance in *Bactrocera dorsalis* by functional genomic analysis of a *De novo* assembled transcriptome. *PLoS One*, 7(8), doi:10.1371/journal.pone.0040950.
- Jaber LR, Ownley BH (2018) Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116, 36-45. doi:10.1016/j.biocontrol.2017.01.018.
- Jaber LR, Vidal S (2009) Interactions between an endophytic fungus, aphids and extrafloral nectaries: Do endophytes induce extrafloral-mediated defences in *Vicia faba*? *Functional Ecology*, 23(4): 707-714. doi:10.1111/j.1365-2435.2009.01554.x.
- Jacobson M (2012) *Insect sex pheromones*. Nueva York, EE. UU.: Elsevier. Vosshall, L. B. (2008). Scent of a fly. *Neuron*, 59(5), 685-689. doi:10.1016/j.neuron.2008.08.014.
- Kelly D (1982) Baculovirus replication. *Journal of General Virology*, 63, 1-13.
- Kondo T, Rincón DF, Pérez-Álvarez R, Vásquez Ordóñez AA, González G. (2018) Uso de depredadores como agentes de control biológico para insectos plaga in Páginas 458-478. Alba Marina Cotes (ed.); Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 2: Aplicaciones y perspectivas. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia). ISBN Volumen 2(e): 978-958-740-254-4.
- Koppenhofer MA, Fuzy EM (2006) Effect of soil type on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabai*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis zealandica* and *Heterorhabditis bacteriophora* *Journal of Invertebrate Pathology* 92:11- 22. DOI: [10.1016/j.jip.2006.02.003](https://doi.org/10.1016/j.jip.2006.02.003)
- Kunkel BA, Shapiro-ILan DI, Campbell JF, Lewis EF (2006) Effect of *Steinernema glaseri*-infected host exudates on movement of conspecific infective juveniles. *Journal of Invertebrate Pathology* 93:42-49.
- Lazarovits G, Turnbull A, Johnston-Monje D. (2014) Plant health management: Biological control of plant pathogens a2. En N. K. V. Alfen (Ed.), *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 388-399). Oxford, Reino Unido: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-444-52512-3.00177-7.
- Mitter EK, De Freitas JR, Germida JJ (2017) Bacterial root microbiome of plants growing in oil sands reclamation covers. *Frontiers in Microbiology* 8: 849. doi:10.3389/fmicb.2017.00849.

Morales V, Garay B, Romero A, Sánchez J (2009) Insecticidas biológicos en el control de insectos plaga: agrícolas, forestales, de almacén y urbanas en México. Artículo científico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp 1-5..

Monaci L, Quintieri L, Caputo L, Visconti A, Baruzzi F (2016) Rapid profiling of antimicrobial compounds characterising *B. subtilis* TR50 cell-free filtrate by high-performance liquid chromatography coupled to high-resolution Orbitrap™ mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 30(1), 45-53. doi:10.1002/rcm.7408.

Moreno-Velandia CA, Cotes AM, Beltrán-Acosta C, Wagner Bettiol I, Elad Y. (2018) Control biológico de fitopatógenos del suelo in Páginas 147 - 221. Alba Marina Cotes (ed.); Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 2: Aplicaciones y perspectivas. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia).ISBN Volumen 2(e): 978-958-740-254-4.

Moscardi F (1989) Use of viruses for pest control in Brazil: the case of the nuclear polyhedrosis virus of the soybean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis*. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 84(3), 51-56.

Mozgovaya, IN, Byzov, BA, Ryabchenko, NF, Romanenko, ND y Zvyagintsev, DG (2002). Nematicidal effects of the entomopathogenic bacteria *Bacillus thuringiensis* in soil. *Pedobiología*, 46(6), 558 – 572. doi:10.1078/0031-4056-00160

Ongena M, Jacques P (2008) *Bacillus lipopeptides*: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, 16(3), 115-125. doi:10.1016/j.tim.2007. 12.009.

Ownley B H, Griffin MR, Klingeman WE, Gwinn KD, Moulton JK, Pereira RM (2008) *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98(3), 267-270. doi:10.1016/j.jip.2008.01.010.

Ownley BH, Gwinn KD, Vega FE (2010) Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. *BioControl*, 55(1), 113-128. doi:10.1007/s10526-009-9241-x.

Parsa S, Ortiz V, Vega FE (2013) Establishing fungal entomopathogens as endophytes: Towards endophytic biological control. *Journal of Visualized Experiments*, 74, e50360. doi:10.3791/50360.

Perez-Garcia G, Basurto-Rios R, Ibarra JE (2010) Potential effect of a putative σ^H -driven promoter on the over expression of the Cry1Ac toxin of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 104(2), 140-146. doi:10.1016/j.jip.2010.02.010.

Pieterse CMJ, Poelman EH, Van Wees SCM, Dicke M (2013) Induced plant responses to microbes and insects. *Frontiers in Plant Science*, 4, 475. doi:10.3389/fpls.2013.00475.

Poelman EH, Bruinsma M, Zhu F, Weldegergis BT, Boursault AE, Jongema Y, Dicke M (2012) Hyperparasitoids use herbivore-induced plant volatiles to locate their parasitoid host. *Plos Biology*, 10(11), e1001435. doi:10.1371/journal.pbio.1001435.

Posada F, Aime MC, Peterson SW, Rehner SA, Vega FE (2007) Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Mycological Research*, 111(6), 748-757. doi:10.1016/j.mycres.2007.03.006.

Regnier FE (1971) Semiochemicals—Structure and Function. *Biology of Reproduction*, 4(3), 309-326. doi:10.1093/biolreprod/4.3.309.

- Renault S, Stasiak K, Federici B, Bigot Y (2005) Commensal and mutualistic relationships of reoviruses with their parasitoid wasp hosts. *Journal of Insect Physiology*, 51(2), 137-148. Caballero, P. W., & Williams, T. (2008). Virus entomopatogenos. En J. A. Jacas & A. Urbaneja (Eds.), *Control biológico de plagas agrícolas* (pp. 121-135). Valencia, España: Phytoma-España.
- Rodríguez M; Hernández-Ochandía D, Gómez L (2012) Nematodos entomopatógenos: elementos del desarrollo histórico y retos para su consolidación como biorreguladores en la agricultura en Cuba. *Rev. Protección Veg.* 27(3): 137-146. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v27n3/rpv01312.pdf>.
- Rodríguez RJ, White JF, Arnold AE, Redman RS (2009) Fungal endophytes: diversity and functional roles. *The new Phytologist*, 182(2), 314-330. doi:10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x.
- Rodríguez LA, Arredondo HC (2007) Libro: Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. pp. 303.
- Rozado-Aguirre Z, Adams I, Fox A, Dickinson M, Boonham N (2017) Complete sequence and genomic annotation of carrot torradovirus 1. *Archives of Virology* 162(9): 2815-2819. doi:10.1007/s00705-017-3410-5.
- Salas-Araiza M, Salazar-Solis E (2003) Importancia del uso Adecuado de Agentes de Control Biológico. *Acta Universitaria* 13(1): 29-35. Disponible en <http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/271/249>
- Saikkonen K, Faeth SH, Helander M, Sullivan TJ (1998) Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 319-343. doi:10.1146/annurev.ecolsys.29.1.319.
- Saikkonen K, Helander M, Faeth SH, Schulthess F, Wilson D (1999) Endophyte-grass-herbivore interactions: the case of *Neotyphodium* endophytes in Arizona fescue populations. *Oecologia*, 121(3), 411-420. doi:10.1007/s004420050946.
- Schulz B, Boyle C (2006) What are Endophytes? En: B. Schulz, C. Boyle, & T. Sieber (Eds.), *Microbial Root Endophytes* (Soil Biology, vol. 9, pp. 1-14). Berlin, Alemania: Springer. doi:10.1007/3-540-33526-9.
- Smits PH (1997) Insect Pathogens: their suitability as biopesticides in Microbial Insecticides: Novelty or Necessity. Presented BCPC Symposium Proceedings Number. UK 68: 26-28.
- Stone JK, Bacon CW, White Jr JF (2000) An overview of endophytic microbes: Endophytism defined. En: C. W. Bacon & J. F. White (Eds.), *Microbial Endophytes* (pp. 4-5). Nueva York, EE. UU.: Marcel Dekker.
- Symonds MRE, Gitau-Clarke CW (2016) The evolution of aggregation pheromone diversity in bark beetles. *Advances in Insect Physiology*, 50, 195-234. doi:10.1016/bs.aipp.2015.12.003.
- Tan BC, Lim YS, Lau SE (2017) Proteomics in commercial crops: An overview. *Journal of Proteomics* 169: 30185-30189. doi:10.1016/j.jprot.2017.05.018.
- Thao NP, Tran LS (2016) Enhancement of plant productivity in the post-genomics era. *Current Genomics*, 17(4): 295-296. doi:10.2174/138920291704160607182507.

Thakur A, Kaur S, Kaur A, Singh V (2013) Enhanced resistance to *Spodoptera litura* in endophyte infected cauliflower plants. *Environmental Entomology*, 42(2), 240-246. doi:10.1603/EN12001.

Trujillo AJ (2000) Metodologías para el desarrollo de programas de control biológico. En Badii M.H., A.E. Flores, y L.J. Galán F. (Eds.). *Fundamentos y perspectivas de control biológico*. 1ra. ed. (p. 91-100). San Nicolás de los Garza, Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Vega FE (2008) Insect pathology and fungal endophytes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98(3), 277-279. doi:10.1016/j.jip.2008.01.008.

Vidal S, Jaber LR (2015) Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–herbivore interactions and prospects for use in biological control. *Current science*, 109(1), 46-54.

Vilela E, Della Lucia TMC (2001). *Feromonios de insetos: biologia, quimica e aplicacao* (2.a ed). Riberao Preto, Brasil: Holos Editora. Vander Meer, R. K., Breed, M. D., Espelie, K. E., & Winston, M. L. (1998). *Pheromone communication in social insects*. Boulder, EE. UU.: Westviw Press.

Villamizar L, Cuartas C, Gómez J, Patricia Barrera G, Espinel E, Lopez-Ferber M (2018) Virus entomopatógenos in Páginas 372-401. Alba Marina Cotes (ed.); Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 2: Aplicaciones y perspectivas. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigacion Agropecuaria (agrosavia).ISBN Volumen 2(e): 978-958-740-254-4.

Weller DM (1988) Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 26(1), 379-407. doi:10.1146/annurev.py.26.090188.002115.

Xie W, Chen C, Yang Z, Guo L, Yang X, Wang D, Zhang Y (2017) Genome sequencing of the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* MED/Q. *GigaScience*, 6(5): 1-7. doi:10.1093/gigascience/gix018.

Yew JY, Chung H (2015) Insect pheromones: An overview of function, form, and discovery. *Progress in Lipid Research*, 59, 88-105. doi:10.1016/j.plipres.2015.06.001.

Zhao, L., Huang, Y., Adeleye, A. S., & Keller, A. A. (2017). Metabolomics reveals Cu(OH)₂ nanopesticide activated antioxidative pathways and decreased beneficial antioxidants in spinach leaves. *Environmental Science and Technology* 51(17): 10184-10194. doi:10.1021/acs.est.7b02163.

CAPÍTULO VII:

Modelos matemáticos aplicados en plagas



Modelos matemáticos aplicados en plagas

Raquel Vera Velázquez, Julio Gabriel Ortega, Pedro Valdez Tamayo, William Merchán García

Resumen

La modelación matemática tienen gran importancia en el uso de los controles biológicos para la aplicación en el manejo integrado de plagas en cultivos, esta investigación tiene como objetivo proporcionar elementos prácticos del uso de modelos matemáticos en la práctica en las asignaturas de la especialidad del ingeniero agropecuario. Se presenta la construcción de tres modelos matemáticos utilizando Ecuaciones Diferenciales para interpretar la dinámica de la plaga dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.), el primer modelo el efecto del insecticida biológico a través de una función de impulsos repetidos finitos, el segundo el efecto del insecticida mediante una función periódica proporcional a la población y el tercer modelo incluye impulsos infinitos y umbrales como criterio de aplicación de insecticidas y se estudia numéricamente, reflejando datos experimentales, para el logro del trabajo multidisciplinario aplicando el estudio de las ciencias básicas.

Palabras clave: Biomatemática, Poblaciones, umbrales, control de plagas, impulsos, modelos

Introducción

Esta unidad lo hemos escrito con el propósito de compartir elementos prácticos del uso de los modelos matemáticos para entender e interpretar diversos procesos generados en el estudio de los insectos. Consideramos que esto es una necesidad fundamental a nivel de las carreras de Ingeniería Agropecuarias y otras ramas afines de la agronomía y la biología, donde la formación de los estudiantes cubren asignaturas de ciencias exactas, que muchas veces el estudiante lo consideran de poca utilidad en su formación y no como herramientas fundamentales para una buena formación profesional.

Es en este sentido que vimos por pertinente enfocar este capítulo en realizar una revisión exhaustiva de la literatura existente, así como también hemos recurrido a la experiencia de nuestros profesores.

Se debe mencionar que los modelos matemáticos y en particular, los modelos aplicados a la biología son herramientas importantes para entender la dinámica de un fenómeno. De hecho, las biomatemáticas cada vez juegan un papel más importante en el estudio de la biología (Borrelli y Coleman 2002).

Se sabe que las plagas son perjudiciales para los cultivos, por lo que se conoce dos métodos para su control. El primero es el control químico que usa insecticidas que son altamente efectivos, aunque existe el riesgo de contaminar los productos con sustancias perjudiciales para la salud. El segundo es el control biológico, que consiste en el uso de insectos benéficos, depredadores naturales o parasitoides; o el control biológico mediante insecticidas biológicos como el *Bacillus Thuriengiensis*, una bacteria que produce una toxina que provoca la muerte de la plaga cuando es ingerido por ésta.

En este capítulo no queremos llenarnos de formulas y conceptos abstractos que posiblemente tienen mucho sentido para un matemáticos, pero para un agropecuario consideramos más bien sean aplicado, de ahí que nos proponemos hacer una descripción

algunas experiencias que la literatura científica reporta y que vale la pena compartirla con nuestros lectores.

Un primer caso, que nos gustaría compartir es el reportado por Delgadillo - Alemán *et al.* (2008), quienes reportaron la utilidad de los modelos matemáticos para el control de plagas en el cultivo de brócoli. En este trabajo se presenta la construcción de tres modelos matemáticos utilizando ecuaciones diferenciales para interpretar la dinámica de la plaga dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.) en una parcela de brócoli al ser controlada por la aplicación de insecticidas y por el efecto de las liberaciones de insectos parasitoides como *Diadegma* y *Trichogramma*. En el **primer modelo**, el efecto del insecticida biológico se modela mediante una función de impulsos repetidos infinitos. En el **segundo modelo**, el efecto del insecticida biológico se modela mediante una función periódica proporcional a la población. En ambos modelos, se determina su solución analítica y se dan condiciones de convergencia a soluciones periódicas. El **tercer modelo** incluye impulsos infinitos y umbrales como criterio de aplicación de insecticidas, y se estudió numéricamente. Este último modelo refleja la dinámica de los datos experimentales.

El modelo básico fue dado por Borrelli y Coleman (2002) para explicar la dinámica de la densidad de población de plaga sin ningún control $\dot{x} = \alpha x + \beta$, cuya solución es $x(t) = 1/\alpha (e^{\alpha(t-t_0)} (\alpha x_0 + \beta) - \beta)$, donde $x(t)$ es la densidad de población, α la tasa de crecimiento exponencial, β la tasa de migración y x_0 es la densidad de población en el tiempo t_0 . Estos parámetros pueden calcularse usando los datos experimentales del día cero hasta un día antes de la aplicación del Javelin o Xentari, resolviendo el sistema no lineal de ecuaciones. Se encontró que α tiene el valor de 0.16, y β de 0.006.

En los experimentos llevados adelante Delgadillo - Alemán *et al.* (2008), el control por insecticida se modeló de dos formas: la primera consistió en que el insecticida tuvo un efecto inmediato en cada aplicación; la segunda consistió en considerar una efectividad finita del insecticida.

Una aplicación del insecticida

Se supone que la población de dorso de diamante $x(t)$ tiene crecimiento natural exponencial con una tasa α ; que existe migración del exterior a una tasa β constante, y que en determinado tiempo $t = T$ hay una aplicación de insecticida, el cual tiene una efectividad proporcional al tamaño de la población en el momento de la aplicación. El modelo será entonces:

$$\dot{x} = \alpha x + \beta - \gamma x \delta(t - T), \quad (1)$$

Donde δ es la función impulso infinito en $t = 0$, y γ es la efectividad de la aplicación del insecticida. Esta ecuación permitió definir la siguiente figura (Figura 7.1).

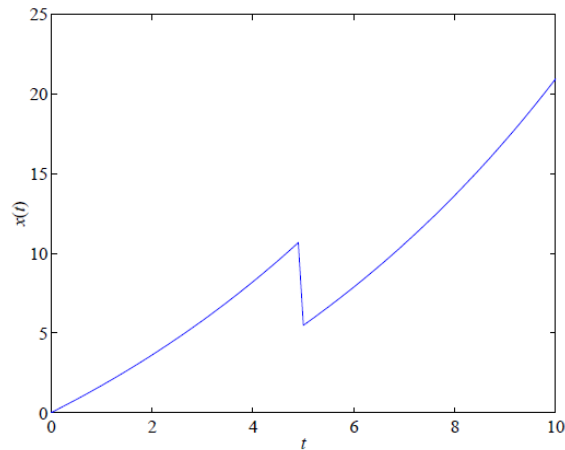


Figura 7.1. Una aplicación de insecticida con efecto instantáneo (Fuente: Delgadillo - Alemán *et al.* 2008).

Impulsos repetidos

Si existen impulsos infinitos en los tiempos T_1, T_2, T_3, \dots , con coeficiente de eficiencia γ , el modelo análogo a modelo descrito anteriormente.

$$\dot{x} = \alpha x + \beta - \sum_{i=1}^{\infty} \gamma x \delta(t - T_i). \quad (2)$$

La solución de sete modelo permite generar el siguiente tipo de gráfica (Figura 7.2).

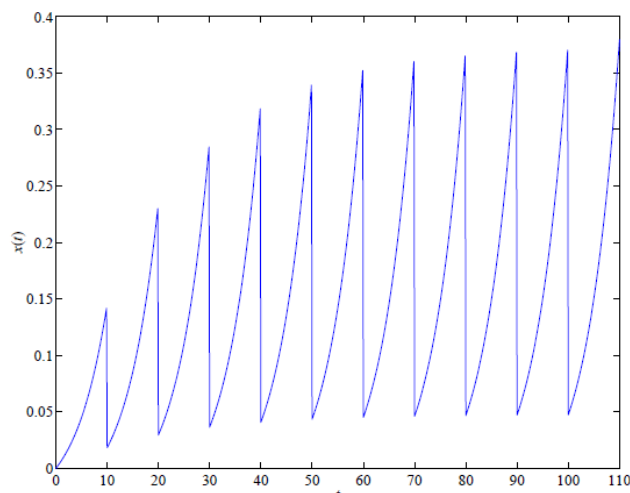


Figura 7.2. Una solución del modelo con aplicaciones repetidas de insecticida con efecto instantáneo (Fuente: Alemán *et al.* 2008).

Tiempo de acción del insecticida limitado con aplicaciones periódicas

Si la aplicación del insecticida es en intervalos periódicos de tiempo con periodo T , y la acción del insecticida tiene una duración τ (con $\tau < T$), el modelo de crecimiento y control de la plaga estaría dado por la siguiente relación ecuacional:

$$\dot{x} = \alpha x + \beta - f(t)x, \quad (3)$$

donde α es la tasa de crecimiento exponencial de la plaga, β es la rapidez de migración natural de plaga hacia el cultivo, y $f(t)$ es una función periódica que denota la aplicación y acción limitada del insecticida. En este caso, $f(t)$ es un tren de ondas cuadradas con amplitud γ (Figura 7.3).

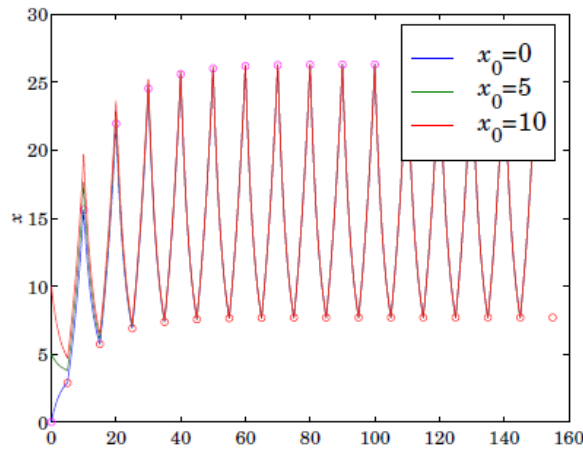


Figura 7.3. Soluciones para el modelo con efecto del insecticida como una onda cuadrada con duración $T/2$ y periodo T (Fuente: Delgadillo - Alemán *et al.*2008).

Delgadillo – Alemán *et al.* (2008) aclaran que si $\gamma > 2\alpha$, la solución se estabiliza en una órbita periódica, puesto que las exponenciales decaen a cero al aumentar n . Independientemente de la condición inicial x_0 , las soluciones tienden a una órbita periódica con máximos y mínimos constantes. Si $\gamma \leq 2\alpha$, las soluciones eventualmente explotan. Si $\gamma \leq \alpha$, entonces la aplicación de insecticida es ineficiente para controlar la población de plaga.

Efecto del insecticida con duración arbitraria

Es importante recordar que la solución anterior se obtuvo para el caso en el que la efectividad del insecticida τ tiene exactamente una duración de la mitad entre sucesivas aplicaciones del mismo; es decir, si T es el tiempo entre aplicaciones, entonces $\tau = T/2$. Ahora trataremos el caso general en el que $0 < \tau < T$, con una ligera variante: se asumirá que al inicio del proceso ($t = 0$) la población inicial x_0 evoluciona sin la presencia del insecticida, el cual se aplica en el tiempo $t = T - \tau$ y tiene efecto hasta el tiempo. El modelo matemático será entonces:

$$\dot{x} + (f(t) - \alpha)x = \beta, \quad (4)$$

donde f es la función que denota el efecto del insecticida. La aplicación de este modelo matemático dio origen a la siguiente figura que denota un tren de ondas cuadradas (Figura 7.4).

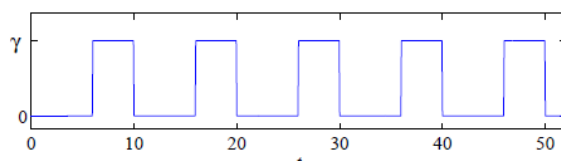


Figura 7.4. Tren de ondas cuadradas con periodo $T = 10$ y duración $\tau = 4$ ((Fuente: Delgadillo - Alemán *et al.*2008).

Control biológico por insecticida y liberaciones de *Trichogramma* y *Diadegma*

Delgadillo-Alemán *et al.* (2008), indican que en la práctica, las liberaciones de *Diadegma* se realizan con mucha frecuencia, por lo que se asume que su efecto se absorbe en la tasa de crecimiento α . En cambio, el *Trichogramma* se libera semanalmente, con un retraso en su efecto de una semana, por lo que se considera que su efecto coincide con un impulso infinito del tipo de la Ecuación (1). Asimismo, la aplicación de insecticida no se realiza en intervalos regulares, sino que se toma un criterio de umbrales; es decir, el insecticida se aplica cuando la densidad de población de plaga alcanza un nivel determinado. Este modelo se estudió numéricamente, con un valor del umbral de 0.4. Los resultados se muestran puede observar en la Figura 7.5, con línea punteada. Con este modelo los autores (Delgadillo-Alemán *et al.* 2008), obtuvieron resultados acordes con los datos experimentales.

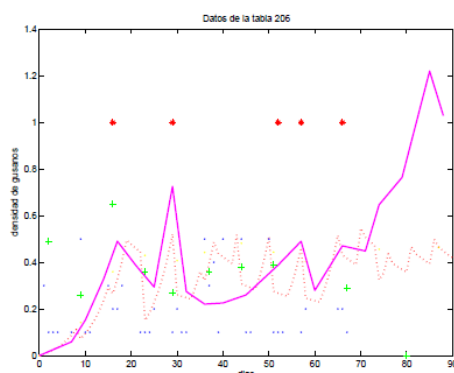


Figura 7.5. Comparación de la solución del modelo con los datos experimentales. (Fuente: Delgadillo - Alemán *et al.* 2008).

Otra experiencia que nos pareció interesante compartir a nuestros lectores es el desarrollado por Gamez *et al.* (2000), quienes documentaron el uso de modelos matemáticos para depredador – presa en cultivos hortícolas en invernadero.

Al respecto Gamez *et al.* (2000) mencionan que las soluciones a la importante incidencia económica de las plagas en los cultivos sufrió, una evolución a lo largo del tiempo, que fue muy rápida en las últimas décadas. Así en el estudio de la dinámica de población de las especies plaga, dentro del cultivo, será fundamental considerar los sistemas depredador-presa y parasitoide-hospedante, según sea el tipo de enemigo natural en el que se está interesado. Como aplicación de los modelos depredador-presa se hicieron estudios relativos a especies plaga en cultivos hortícolas bajo condiciones protegidas (invernaderos). La experiencia fue desarrollada en dos cultivos: pimiento y tomate, afectados por tres grupos de especies plaga de gran severidad económica: "heliothis del tomate" [*Helicoverpa armígera* (Hb.)], "mosca blanca" [*Bemisia tabaci* (Gen.)] y el "trips occidental de las flores" [*Frankliniella occidentalis* (Pergande)]. Como depredadores para el control biológico de estas especies plaga, utilizaron a "Orius" y "Macrolophus". Que fueron analizados desde el punto de vista matemático. Además, realizaron ajustes mediante coeficientes estadísticos.

Aplicación al caso de *Orius-Frankliniella*

En la Figura 7.6 están los valores observados (símbolos) y los estimados (trazo continuo) de la dinámica de población de *Frankliniella occidentalis* (plaga) y *Orius* sp. (depredador) en el cultivo de pimiento en invernadero. Los coeficientes de ajuste del modelo

depredador-presa se presenta en la Tabla 7.1, observándose que la comparación de lo observado y estimado fue altamente significativo ($P < 0,01$).

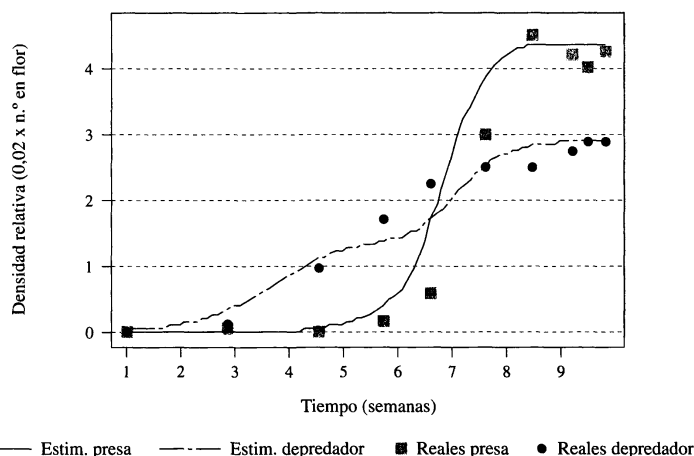


Figura 7.6. Ajuste de *Orius-Frankliniella* en pimiento (flores) (Fuente: Gamez *et al.* 2000).

Tabla 7.1. Valores de los parámetros obtenidos del ajuste para el modelo (1) al caso de *Orius-Frankliniella* en pimiento (flores) (Fuente: Gamez *et al.* 2000).

Coeficientes del ajuste						Depredador		Presa	
a_1	b_{11}	d_1	α	β_1	γ	g.l. total	r^2	g.l. total	r^2
3.1	0,07	0,99	2,5	0,66	2	8	0,9414	8	0,9619

En la Figura 7.5 se recogen los valores observados (símbolos) y los estimados (trazo continuo) de la dinámica de población de *Frankliniella occidentalis* (plaga) y *Orius* sp. (depredador) en cultivo de pimiento en invernadero. Los coeficientes de ajuste del modelo depredador-presa son observados en la Tabla 7.2, así como la comparación, que mostró una alta significancia ($P < 0,01$).

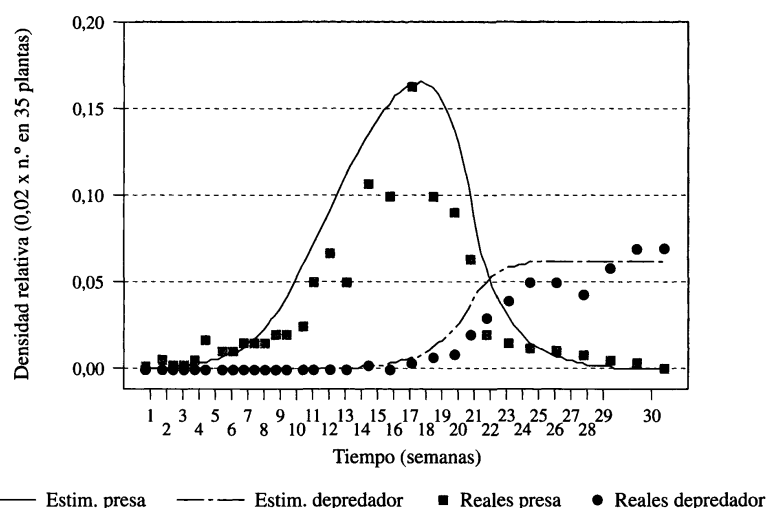


Figura 7.6. Ajuste de *Orius-Frankliniella* en pimiento (Fuente: Gamez *et al.* 2000).

Tabla 7.2. Valores de los parámetros obtenidos del ajuste para el modelo al caso de *Orius-Frankliniella* en pimiento (Fuente: Gamez *et al.* 2000).

Coeficientes del ajuste						Depredador		Presa	
a_1	b_{11}	d_1	α	β_1	γ	g.l. total	r^2	g.l. total	r^2
0,333	1,1	17	0,25	2,7	5	28	0,9216	28	0,9026

Aplicación al caso de *Macrolophus-Bemisia* y *Helicoverpa*

Para el caso del modelo con un depredador y dos presas, la Figura 7.7 representa los valores observados y estimados de la dinámica de población de dos especies plaga como son *Bemisia tabaci* (Horn.: Aleyrodidae) y *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae), y su depredador *Macrolophus caliginosus* (Hem: Miridae) en el cultivo de tomate. Los coeficiente de ajuste, así como sus estadísticos se son obsrvados en la Tabla 7.3.

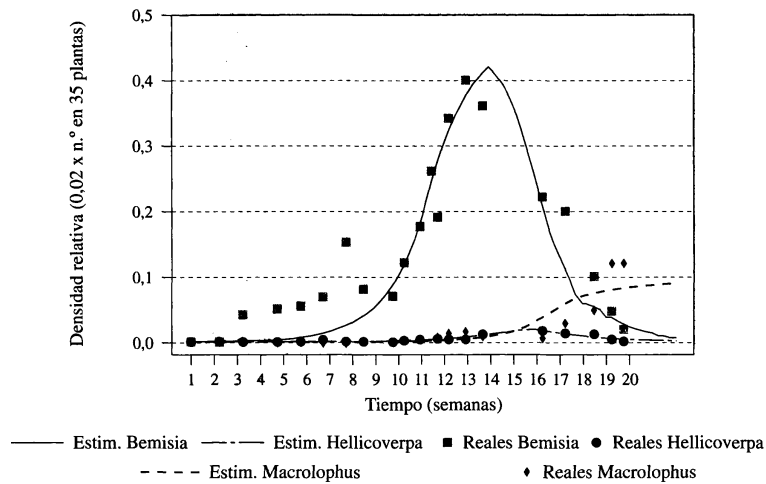


Figura 7.7. Ajuste de *Macrolophus-Bemisia* y *Helicoverpa* en tomate (Fuente: Gamez *et al.* 2000).

Tabla 7.3. Valores de los parámetros obtenidos del ajuste para el modelo (1) al caso de *Macrolophus-Bemisia* y *Helicoverpa* en tomate (Fuente: Gamez *et al.* 2000).

Coeficientes del ajuste					
a_i $i = 1,2$	(b_{ij}) $i,j = 1,2$	d_i $i = 1,2$	α	β_i $i = 1,2$	γ
0,6	1,1 -6	20	0,2	1	2
0,25	-0,7 7	11		5	
<i>Macrolophus</i>		<i>Bemisia</i>		<i>Helicoverpa</i>	
g.l. total	r^2	g.l. total	r^2	g.l. total	r^2
18	0.8208	18	0.8904	18	0.8208

Los autores (Gamez *et al.* 2000) encontraron que el ajuste obtenido por el modelo depredador-presa a los datos de campo fueron altamente significativo, por ello estos sistemas pueden por un lado contribuir al conocimiento de la relación entre las dinámicas poblacionales del depredador y sus presas; y por otra parte sería una importante herramienta para aquilatar la liberación del depredador para el control biológico de las especies plaga en los cultivos hortícolas.

Los ejemplos mencionados, creemos son suficientes argumentos para continuar con la imparticiones de klas ciencias exactas en los primeros noveles de las carreras de ingeniería agropecuaria y ramas afines.

REFERENCIAS

Borrelli R, Coleman CS (2002) Ecuaciones diferenciales, Una perspectiva de modelación. México: Oxford, p. 397.

Delgadillo-Alemán S, Kú-Carrillo R, Vela-Arévalo L (2006) Modelación matemática del control de plagas en un cultivo de brócoli (en línea). Epígrafe: 1-20. Disponible en <http://www.cns.gatech.edu/~luzvela/epigrafe/segnum/plagas.pdf> (acceso 05 abril 2020).

Gámez M, Carreño R, Andújar AS, Barranco P, Cabello T (2000) Modelos matemáticos de depredador-presa en cultivos hortícolas en invernadero en el Sudeste de la Península Ibérica (en línea). Bol. San. Veg. Plagas, 26: 665-672. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/277261844_Modelos_matematicos_de_depredador-presa_en_cultivos_horticolas_en_invernadero_en_el_Sudeste_de_la_Peninsula_Iberica (acceso 06 abril 2020).

CAPÍTULO VIII

Características, usos y cuidados de los plaguicidas



CARACTERÍSTICAS, USOS Y CUIDADOS DE LOS PLAGUICIDAS

Calos Castro Piguave, Julio Gabriel Ortega, Máximo Vera
Tumbaco, Tomás Fuentes Figueroa

Resumen

Consideramos importante tratar el tema de características, usos y cuidados de los plaguicidas, debido a que hoy en día existe un uso discriminado de los mismos y las empresas que los venden muchas veces no promueven el uso racional, sino lo contrario, principalmente en los países en desarrollo. Por estas circunstancias vimos por oportuno hablar de los plaguicidas. Compartimos en este capítulo las leyes que la regulan en Ecuador, los plaguicidas que están permitidos, su clasificación, los cuidados en su uso y para que tipos de insecto-plaga son recomendados; así como los efectos que causan en el medio ambiente y la salud humana, etc. La información que presentamos es actualizada y vigente para nuestro país, y puede ser un valioso documento de consulta.

Palabras claves: Toxicidad, medio ambiente, salud, economía, racional.

Antecedentes

Las repercusiones negativas de los plaguicidas sobre el medioambiente, la biodiversidad y la salud humana, se pueden considerar catastróficas si se considera el relativo poco tiempo que se los ha utilizado en la explotación agrícola iniciada hace miles de años. Los dramáticos problemas ocasionados en la salud humana se cuantificaron dentro y fuera del país y se sintetizan en el creciente aumento de intoxicaciones por plaguicidas así como por sus efectos letales e irreversibles.

Conscientes de la importancia económica y social que implica el uso de estos químicos, ante la imposibilidad actual de prescindir de ellas en la agricultura y el incremento en venta de varios productos, instituciones nacionales e internacionales de carácter oficial y privado, tomaron medidas para que su utilización no represente un incremento de los riesgos de malas prácticas y aplicaciones.

La Organización Mundial para la Agricultura y la alimentación (FAO), fue quizás la primera que tomó la iniciativa en este problema, llegando a aceptar el uso racional de los plaguicidas (Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas), dentro del esquema de Manejo Integrado de Plagas.

Por su parte en el Ecuador, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por medio de su Departamento Nacional de Protección Vegetal genera tecnologías orientadas hacia una agricultura limpia donde el último recurso es el empleo de los plaguicidas; los resultados de las investigaciones a su vez son difundidos a los usuarios, a través de los Núcleos de Transferencia y Comunicación que funcionan en las zonas de influencia de las estaciones experimentales en todo el Ecuador.

Las Universidades por su lado, incorporaron en sus Facultades y Carreras Agropecuarias, asignaturas que permiten formar a los futuros profesionales en el desarrollo de procesos productivos agrícolas sin atentar contra la integridad del ambiente.

Las organizaciones no gubernamentales de carácter ambientalista y conservacionista se unieron para impedir que sigan afectando la naturaleza mediante el uso intensivo de los plaguicidas.

Finalmente la empresa privada dedicada a la producción y comercialización de los insumos agrícolas, por medio de la Asociación de la Industria de Protección de Cultivos y Sanidad Animal (APCSA) y la Asociación de Importadores y Fabricantes de Insumos Agropecuarios (AIFA) y Croplife-Ecuador también se incorporaron a estas campañas de acatamiento de lo que disponen las regulaciones nacionales e internacionales, elaborando materiales divulgativos y promoviendo eventos de capacitación entre los distintos grupos involucrados (técnicos, agricultores, estudiantes, profesores, expendedores, distribuidores, bodegueros, etc.).

Los plaguicidas

Los plaguicidas son sustancias químicas, orgánicas, inorgánicas o biológicas que se utilizan para combatir, prevenir, o repeler organismos (plagas) que producen daños a los cultivos o que son transmisores de enfermedades para el hombre y los animales. Son ampliamente utilizados en la agricultura convencional y representan la cuarta parte (25%) del costo total de producción de los cultivos.

Clasificación de los plaguicidas

Pueden clasificarse según múltiples criterios como:

Por su naturaleza química: estos se clasifican en orgánicos e inorgánicos.

- Los orgánicos son productos que contienen el elemento carbono.
- Los inorgánicos son sales minerales que no contienen carbono.

Por su origen: pueden ser naturales o sintéticos.

Los naturales se clasifican en biológicos (organismos vivos como el virus, bacterias, hongos, entre otros), y botánicos (extractos de plantas).

Los sintéticos son sustancias químicas sintetizadas en el laboratorio por el hombre. La gran mayoría de los plaguicidas presentes en el mercado son orgánicos sintéticos.


De acuerdo a la plaga a controlar, Se clasifica en los siguientes (Tabla 8.1).

Tabla 8.1. Plaguicidas usados de acuerdo a la plaga que controla.

Plaguicidas	Plaga que controla
Insecticidas	Insecto
Fungicidas	Hongos
Herbicidas	Arvenses (malas hierbas)
Acaricidas	Ácaros
Nematicida	Nemátodos
Molusquicida	Babosas y caracoles
Bactericidas	Bacterias
Rodenticidas	Ratas, ratones y demás roedores

De acuerdo a la categoría toxicológica. Se clasifican en cinco categorías (Tabla 8.2).

Tabla 8.2. Clasificación según la categoría toxicológica.

Categoría toxicológica	Denominación	Leyenda	Color de la Etiqueta	Cantidad necesaria para matar una persona	Símbolo
Ia	Plaguicidas sumamente peligrosos	Muy tóxico	Rojo	De unas pocas gotas a una cucharadita	
Ib	Plaguicidas muy peligrosos	Tóxico	Rojo	De unas pocas gotas a una cucharadita	
II	Plaguicidas moderadamente peligrosos	Dañino	Amarillo	De una cucharadita a una onza	
III	Plaguicidas poco peligrosos	Cuidado	Azul	De una onza a un vaso	
IV	Plaguicidas que normalmente no ofrecen peligro	Cuidado	Verde	Más de un vaso	

Esta clasificación es aceptada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y se basa en pruebas de laboratorio realizada con animales, principalmente ratas y conejos.

Los parámetros usados para establecer las categorías toxicológicas son la Dosis Letal Media (DLM50), DL50 dermal, DL50 por inhalación, efecto en ojos y efectos en la piel.

La DL50 es una medida de la toxicidad aguda de un producto y no da información acerca de su toxicidad crónica o efectos a largo plazo. Por esta razón existen productos muy peligrosos que se comercializan en las categorías toxicológicas menores ya que su toxicidad aguda es baja pero en cambio pueden tener muchos efectos nocivos a largo plazo.

De acuerdo a sus grupos químicos funcionales. Los plaguicidas se clasifican de la siguiente manera:

Insecticidas.- Organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, neonicotinoides, ben zoyureas, avermectinas, pyrasoles, neonicotinoides, nereitoxinas, derivados de triazinas y análogos de hormonas juveniles.

Fungicidas.- Azufrados, cúpricos, heterocíclicos nitrogenados, ditiocarbamatos, derivados de hidrocarburos aromáticos, derivados del nitrofenol, dicarboximidias, benzimidazoles y tiofanatos, antibióticos, carboximidias, formamidias, morfolinias, pirimidinas, fosfitos metálicos, fosforotioatos, acilalaninas, triazoles e imidazoles.

Herbicidas.- Derivados de fenoxiacéticos, fenilureas, biperidilos y triazinas.

De acuerdo al modo de acción. Se clasifican en:

De contacto. El plaguicida debe depositarse sobre el insecto a controlar para que pueda penetrar en su organismo y producir el proceso de intoxicación.

De ingestión. La sustancia debe aplicarse en la parte del cultivo que la plaga consume (mastica o succiona) como alimento, para que al ingresar al organismo se produzca la intoxicación.

Sistémico. En este caso el plaguicida se mueve dentro de la planta (acropétalo, basipetalo y/o traslaminar), transportando el toxico a todos los organismos de la planta de las cuales se alimentan las plagas.

Fumigantes.- El plaguicida penetra en forma de gas y ejerce su acción. Una de las vías de penetración es a través de los espiráculos.

Polivalentes.- Son aquellos plaguicidas que pueden actuar sobre la plaga de varias formas, como cualquiera de las mencionadas anteriormente.

Translaminar.- Son los plaguicidas llamados de nueva era que poseen ciertas características que les permite atravesar la cutícula para ejercer su acción tóxica.

G.- De acuerdo a su formulación. Se clasifican en:

Gases, líquidos solubles, líquidos o concentrados emulsionables, polvos para espolvoreo, polvos mojables, polvos solubles y granulados, gránulos dispersables y pastas floables.

Toxicología de plaguicidas

Todos los plaguicidas órgano – sintéticos son sustancia tóxicas capaces de provocar enfermedades agudas en el ser humano (Figura 8.1), si el organismo es expuesto a una dosis alta en un tiempo corto, y enfermedades crónicas cuando se absorben cantidades pequeñas durante un tiempo relativamente largo. Por eso cuando se habla de la toxicología de los plaguicidas se citan la toxicidad aguda y la toxicidad crónica.

Toxicidad Aguda. La toxicidad aguda es la que se produce al entrar en contacto con una alta dosis de plaguicida y se manifiesta inmediatamente o poco tiempo después de la exposición. El parámetro que define la toxicidad aguda se denomina Dosis Letal (DL50).

Este valor nos indica que mueren el 50% de los animales de un experimento al entrar en contacto con el producto. Cuanto más bajo en la DL50, más peligrosa es la sustancia, ya que significa que con menor cantidad se llega a la muerte. Esta DL50 puede ser oral si el



Figura 8.1. Toxicidad de los plaguicidas. Obtenido del intener

producto es ingerido o dérmica si entra en contacto con la piel. Por su parte la Concentración Letal 50 mide la toxicidad provocada por un agrotóxico si es inhalado.

Los síntomas que se presentan en un intoxicado varían de acuerdo a múltiples factores, entre los más importantes está el tipo de plaguicida que origino la intoxicación, la dosis y el tiempo de exposición y sobre todo las características individuales del paciente como su edad, estado nutricional e historia clínica y estos pueden ser:

a.- Intoxicación leve. En una intoxicación leve puede presentarse falta de apetito, nauseas, vómito, sudoración, salivación, inquietud, irritabilidad, dolor y debilidad muscular, dolor en el pecho, dolor abdominal, diarrea, visión nublada, mareos, alteraciones de la presión sanguínea y dolor de cabeza.

b.- Intoxicación moderada. En la intoxicación moderada se presentan los mismos síntomas descritos anteriormente pero se suman una debilidad generalizada, dificultad para caminar, hablar y concentrarse, confusión, espasmos musculares y dilatación de las pupilas.

c.- Intoxicación severa. La intoxicación severa incluye la dificultad para respirar, secreciones bronquiales, incontinencia de heces y orinas y cuando la exposición fue muy grande puede haber convulsiones, fallo del sistema respiratorio y la muerte del individuo afectado.

El tratamiento de una intoxicación aguda puede incluir el uso de antídotos, que son sustancias capaces de neutralizar la acción del toxico en el organismos, para el caso de intoxicaciones con organofosforados y carbamatos se usa la atropina, que debe suministrarse con mucho cuidado porque también es una sustancia tóxica. En la mayoría de los casos las víctimas de una intoxicación aguda son tratadas sintomáticamente ya que no existen antídotos para todos los grupos químicos de plaguicidas.

Toxicidad crónica.- La toxicidad crónica es la que ocurre por una exposición continua de cantidades relativamente pequeñas de plaguicidas pero durante varios períodos. Una de las características de las intoxicaciones crónicas con plaguicidas es que sus efectos no son inmediatos y pueden demorar meses e incluso años en aparecer. Este tipo de intoxicaciones se da principalmente por la ingesta de alimentos contaminados por plaguicidas y por la exposición a estos productos por parte de expendedores, aplicadores y sus familias.

Los efectos crónicos que pueden provocar los distintos tipos de plaguicidas se resumen a continuación (Tabla 8.3).

Tabla 8.3. Efectos crónicos provicados por los plaguicidas.

Efecto crónico	Plaguicidas
Daños al sistema inmunológico (defensas bajas)	Clorpirifos, aldicarb, organoclorados (insecticidas)
Reacciones alérgicas	Diclorvos (insecticida) Atrazina, paraquat (herbicida) Maneb, mancozeb, zineb (funguicida)
Mutaciones genéticas	Dimetoato, endosulfan (insecticidas) Captan (funguicida)
Alteraciones hormonales	Dimetoato, permetrina (insecticida) Atrazina, diuron, trifluralina, linuron (herbicidas)

	Thiram (funguicida)
Cancerígenos	Carbaril, propargite (insecticida) Captan, iprodione, clorotalonil, mancozeb, metiram (funguicidas) Acetoclor, butaclor, diuron, haloxifop metil, imazalil (herbicidas)
Efectos teratogénicos (Labio leporino, polidactilias)	Avermectina, clordimeform, endosulfan, metil paration, fensulfotion, fluvalinate, forate, triclofon (insecticidas) Benomil, catafol, folpet, maneb, mancozeb, pentaclorofenol (funguicidas) Bentazom, cianazina, bromoxinil, 2,4-D, molinate y trifluralina (herbicidas)

Fuente: Nivia (2001)

Vías de entrada de los plaguicidas al cuerpo humano

Absorción a través de la piel. Esta ocurre generalmente cuando existen fugas en los equipos de aplicación o por accidentes ocurridos durante la mezcla de plaguicidas. Las zonas especialmente delicadas en donde existe un mayor porcentaje de absorción son los ojos, el canal auricular (oído) y la región escrotal. Los plaguicidas pueden entrar a través de una piel sana pero su acción es más rápida si penetra a través de heridas. En la piel sudada se produce una absorción más alta que en una piel seca.

Absorción por inhalación. Los plaguicidas pueden ser inhalados por los aplicadores y demás personal de campo durante la aspersión, esta vía de ingreso es muy peligrosa ya que los productos inhalados pasan rápidamente de los pulmones al torrente sanguíneo.

Absorción por ingestión. Ocurre cuando el aplicador que no usa los equipos de protección adecuados se chupa los labios, fuma o come durante la aspersión del producto o lo hace después pero sin lavarse las manos, también ocurre cuando los operarios soplan las boquillas tapadas.

Características toxicológicas de los principales grupos químicos de plaguicidas.

Organoclorados. A este grupo pertenecen los primeros insecticidas organosintéticos creados por el hombre como el DDT, Aldrin y Dieldrin. La principal característica de estos compuestos es su marcada persistencia en agua, suelo, ambiente, alimentos, en los animales y el ser humano. El mecanismo de acción de los organoclorados es la interferencia en la transmisión axónica de los impulsos nerviosos y por lo tanto en la función del sistema nervioso. Como resultado se producen cambios en el comportamiento del individuo, pérdida del equilibrio y la sensibilidad, actividad muscular involuntaria, dificultad para respirar. Puede aumentar la irritabilidad del miocardio y haber cambios degenerativos en el tejido hepático.

Desde el año 1948 se sabe que se acumulan en la grasa de los tejidos humanos y animales y se transfieren de la madre al feto por la placenta y está presente en la leche materna. La alta residualidad de estos compuestos causa problemas de contaminación muy graves si se considera que el efecto acumulativo se magnifica al pasar por la cadena alimenticia. La mayoría de estos productos fueron eliminados del mercado ecuatoriano debido a su alta toxicidad y bioacumulación, actualmente solo se comercializa el endosulfan.

Organofosforados. Son la segunda generación de insecticidas químicos y fueron sintetizados por primera vez en Alemania por motivos bélicos durante la segunda guerra mundial. Se trata de productos que tienen menor residualidad que sus antecesores los

organoclorados; sin embargo, su toxicidad aguda es mayor. Los compuestos de este grupo inactivan la enzima acetilcolinesterasa, permitiendo así la acumulación de la acetilcolina en las uniones colinérgicas neuroefectivas, en los puntos de enlace entre los nervios de movimiento y los músculos, y en los ganglios autónomos. Algunas de estas sustancias se transforman en compuestos más tóxicos antes de ser metabolizados.

Todos se hidrolizan en el hígado y otros órganos, casi siempre, pocas horas después de su absorción. Este grupo de plaguicidas en la actualidad representan el 25% del total de ventas de insecticidas y es el responsable de la mayor cantidad de intoxicaciones en el mundo.

Carbamatos. Fueron desarrollados a la par de los organofosforados y comparten con este grupo el mismo mecanismo de acción, causando inactivación reversible de la acetilcolinesterasa de los tejidos, permitiendo la acumulación de la acetilcolina. Entre estos derivados del ácido carbámico encontramos productos de reconocida toxicidad como el carbofuran. Muchos de estos compuestos fueron retirados del mercado a causa de su elevadísima toxicidad entre ellos el aldicarb. Ocupan el 11% del mercado mundial de insecticidas.

Piretroides. Los piretroides son insecticidas de síntesis cuya estructura es muy parecida a compuestos naturales derivados de plantas llamadas piretrinas, aunque son más tóxicos para los insectos y también para los mamíferos y permanecen más tiempos en el ambiente que las piretrinas. Se trata de insecticidas de tercera generación cuyo uso masivo comenzó en los años 70 del siglo pasado, en la actualidad ocupan el 20% de las ventas totales de insecticidas en el mundo.

Los piretroides interfieren con el funcionamiento normal de los nervios y el cerebro. La exposición breve a niveles muy altos de estos compuestos en el aire, los alimentos o el agua puede causar mareo, dolor de cabeza, náusea, espasmos musculares, falta de energía, alteraciones de la conciencia, convulsiones y pérdida del conocimiento. No existe evidencia científica de que los piretroides afectan el sistema reproductor en seres humanos, pero en experimentos con animales mostraron una disminución de la fertilidad en machos y hembras. Los agricultores que aplican piretroides manifiestan tener problemas en la piel y las mucosas nasales después de asperjar estos productos.

Reguladores de crecimiento. Ciertos químicos que fueron sintetizados son muy similares o idénticos a químicos producidos por los mismos insectos o plantas y estos tienen un efecto en el crecimiento o desarrollo del insecto. Algunos afectan la síntesis de quitina y actúan de tal manera que interfieren con la metamorfosis o la hormona juvenil. En general su utilización no representa mayor peligro para los que no son artrópodos, (incluyendo a los humanos) pero no muestran mucha selectividad con respecto a los enemigos naturales de las plagas.

Neonicotinoides. Llevan este nombre porque poseen la misma composición estructural especial, las mismas relaciones estructura-actividad y el mismo modo de acción que la nicotina insecticida. El primer neonicotinoide fue sintetizado en el año 1978 pero debido a su poca estabilidad no fue comercializado, sin embargo se continuó trabajando con esta sustancia y el año 1990 se logró producir un compuesto más estable llamado imidacloprid. Actualmente ocupan el 16% del mercado de insecticidas en el mundo.

Los Neonicotinoides son considerados como plaguicidas relativamente poco tóxicos para los seres humanos, pero esto no quiere decir que sean inocuos. Se comprobó que tras una exposición aguda al imidacloprid el intoxicado puede presentar síntomas como la reducción de la actividad, falta de coordinación, temblores, diarrea y pérdida de peso,

algunos de estos síntomas pueden prevalecer hasta 12 días después de la exposición. Estudios de toxicidad crónica demostraron que la tiroides es especialmente sensible a los residuos de imidacloprid en los alimentos y se comprobó que causa impactos negativos en la reproducción. Por si esto fuera poco, la sílice cristalina, ingrediente inerte presente en las presentaciones comerciales de imidacloprid, está clasificada por la Agencia Internacional para el Cáncer (International Agency for Cancer) como carcinogénico para los seres humanos.

Bipiridilos. Son compuestos de amonio cuaternario muy peligrosos y tóxicos, cuando se ingieren por vía oral produce fibrosis pulmonar irreversible, si es absorbido por la piel también provoca daños en los pulmones además de ulceraciones. Su uso está destinado como herbicida, el principal producto de este grupo es el paraquat, herbicida, de contacto ampliamente utilizado en el Ecuador. El uso de este herbicida está prohibido en algunos países y en otros su comercialización está bastante restringida.

Ditiocarbamatos. En este grupo se encuentran fungicidas como EBDC, maneb, zineb, mancozeb, propineb entre otros, a los cuáles la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos sometió a revisión en 1991, debido a que se observó que en los cultivos tratados con estos fungicidas, durante el proceso de degradación, se producía un metabolito llamado Etilentio Urea cuyo poder carcinogénico es muy significativo. El estudio concluyó que el fungicida zineb, era el que producía mayor cantidad de este metabolito, con serias repercusiones en el páncreas, hígado y riñones de ratas.

Toxicología de los plaguicidas

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en Ecuador se siembran 2 595 075 ha de las cuales 1 191 131 ha son tratadas con plaguicidas, existiendo cultivos donde un alto porcentaje de productores (66 a 100%) utilizan regularmente estas sustancias. De acuerdo a cifras del MAGAP, en la campaña agrícola del 2010 en Manabí se invirtió 36 millones de USD para el manejo fitosanitario de más de 152 000 ha en 14 cultivos de ciclo corto lo que representa el 18% de sus costos de producción. Un ejemplo del uso inadecuado de estas sustancias se refleja en la región Litoral o Costa en donde, en la anterior década se alcanzó el 53 % de las intoxicaciones en humanos reportadas en el país.

Los insecticidas representan el 27% del total de plaguicidas importados en años recientes, este grupo está considerado como el más peligroso dentro de los agroquímicos, principalmente porque entre ellos se ubican los de mayor toxicidad para los seres humanos y los más persistentes en el ambiente.

El Código Internacional de Conducta para la distribución y utilización de plaguicidas, de la FAO está encaminado a conseguir una mayor seguridad alimentaria y al mismo tiempo proteger la salud humana y el medio ambiente, tiene como finalidad establecer normas dirigidas hacia las prácticas racionales de manejo de plaguicidas. Define a la toxicidad como la propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química para causar perjuicio o producir daños a un organismo vivo por medios no mecánicos.

Clasificación toxicológica de los insecticidas

El detalle de la totalidad de los insecticidas órgano sintético que actualmente se expenden en nuestro país se resume en la siguiente tabla (Tabla 8.4; Tabla 8.5), en donde constan las categorías toxicológicas, nombres comunes y comerciales de cada uno de ellos, así como los grupos de insectos sobre los que actúan.

Tabla 8.4. Clasificación toxicológica de los insecticidas en Ecuador.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo de plaga
EXTREMADAMENTE TÓXICOS CATEGORÍA Ia		
aldicarb	TEMIK®	Chupadores
fosfam ina	GASTION 57®, GASTOXIN®	Masticadores
terbufos	TERBAK®	Chupadores
EXTREMADAMENTE TÓXICOS CATEGORÍA Ib		
carbofuran	ARBONAN 48 SO®, CARBOFURAN 10 G®, CARBOFURAN 4F®, CARBOROC 4F®, FURADAN 3F® Y 4F, NEMAT 4F®, SULTAN®	Chupador - Masticador
diclorvos	DICLORVOS 48®	Chupador - Masticador
m etam idofos	METAMIDOFOS 60®, CRYSMARON 600®, MATADOR®, MEFISTO®, METAMIDOFOS®, MONITOR®	Chupador - Masticador
methomyl	KUIK 90 SP®, ROTOMYL 90 SP®, METHAVIN®, METHAVIN 90 SP®, METHOMEX®, MATHAPAC®, CRYSTOMIL 900®, LANOX 900®	Chupador - Masticador
monocrotofos	CRISODRIN 60 OS®	Chupador - Masticador
endosulfan+methomyl	METHOFAN®	Chupador - Masticador
ALTAMENTE TÓXICOS CATEGORÍA II		
abamectina	ACARAMIK 1.8 EC®, AVOID 1.8%®, CRYTABAMET 1.8 EC®, CRYSMECTIN 1.8 EC®, ENEMITE 1.8%®, NEW MECTIN®, NEE BT 8L®, ROTAMIK 1.8 EC®, FULLMECTINA BLACK®, FULLMECTINA GOLD®, ABAMECTINA®, VERLAC®, TOR®, VERTIMEC®, ZORO 1.8®, AVALON®	Chupador - Masticador
abamectina - alfacipermetrina	SANTIMEC® CIPERTOALFA 10 EC®, ALPHACOR 100 EC®, BRONKA®, RIFLE®, FASTAC®, ABAMECTIN® AGTR0L1.8®, CLOROTEX 75WP®, AVALON®, GILMECTIN®	Chupador - Masticador Masticador
avermectina	RUGBY 10 G®	Chupador - Masticador
adusafos	NAKAR 20 EC®	Masticador
benfuracard	SEVIN 80 PM®	Chupador - Masticador
carbaril	APACHE®	Chupador - Masticador
cladusafos	BOLIDO®, CLORPIRIFOS 48% EC®, PUÑETE®, KAÑON 4 E®, APACHE 10 G®, PYRINOX 480 EC®, CYFOS 48%®, LATIGO®, PIRYCLOR®	Masticador
clorpirifos *		Chupador - Masticador
Clorpirifos - cipermetrina	BALA 55®, CLORCIRIN 550 E®, KAÑON PLUS®, LATIGO®, DELTACLOR 480®, PYRINOX PLUS®	Chupador - Masticador
cipermetrina *	ARRIVO®, CIPERMETRINA EQ®, CIPERMETRINA 20%®, CYPERTOX 20%®, CYPERTOX 25%®, SHURIGAN®, CYPERPAC®, CYPERCOR®, PYRIMETHA®, CIPERTOALFA®	Chupador - Masticador
Diazinon	BASUDIN® 600 EC, PILOTO®, DIAZINON 60CE®, DIAZOL 500 SC, FLECHA 60 EC®, DIABOLO® PERFEKTHION® DIMEPAC®, DIMETOATO 40®	Chupador - Masticador
dimetoato		Chupador
endosulfan	FLAVYLAN®, MARISCAL®, THIONATE 35 CE®, THIONEX 35 EC®, PALMAROL 35% EC®, ENDOPAC®, ENDOR®	Chupador - Masticador
ethoprop	M 0C A P 15 G ®	Masticador
filpronil	CAZADOR 80 WG®, REGENT 200 SC®, FIPROSOL®, REGENT 800®	Chupador - Masticador
imidacloprid	FORTUNE 35 SC®, CIGARAL 35 SC®, SAFARI®, SENSEI®, AGRESOR®, CONFIDOR®, SHARIMIDA®	Chupador
lambdacihalotrina	ENGEOR®	Chupador - Masticador
+ thiametoxan		
methiocard	MESUROL500 SC®	Masticador

metomil-endosulfan profenofos	METHOFAN 186 CE® COURAGE®, CURACRON 500 EC®, PROFENOPAC®	Chupador - Masticador Chupador - Masticador
terbufos thiamethoxam thiodicard	C O U N T E R F C 15G ® ACTARA 25 WG® FUTURO®, FUTURO 350 FLO®, GERMEVIN®, RURANO 350® CRYSQLKRYSQL 375 FLO®, LARVIN 375 FLO®, SEMEVIN 35 S®, KRYSQL	Masticador Chupador Masticador
thiodicarb -imirianlnnrid Clorhidrato de formetanato	CRUCIAL® DICARZOL SP®	Chupador - Masticador Chupador
MODERADAMENTE TÓXICOS CATEGORÍA III		
Acefato	ACIFAT®, OLATE 75®, ORTRAN®, ORTHENE®, BUSHIDO®, MATADOR PLUS®, TROFEO®,GLADIADOR®	Chupador - Masticador
acetamiprid alfa - cipermetrina amitraz	RAMSON®, ACETAPRID®, RESCATE® FASTAC10EC® ACARFIN 21%®, MITAC 20 EC®, MENTOR®, BYE BYE®	Chupador Chupador - Masticador Chupador - Masticador
azadirachtina* Etaciflutrin Cartap ciorfenapir clorpirifos cipermetrina * d e ltam etrina	AZATIN 3 % EC® BULLDOCK® DEPREDADOR 50 PS®, PADAN 50 PS® SUNFIRE®, ESLABON® LORSBAN 4 E® MASTER®, ANIQUILADOR 2.5 EC®, DECIS 2.5 CE®, DELTANOX 25 G/L CE®, FORTE 2.5 CE®, DINASTIA®, RODELTA	Chupador - Masticador Masticador Masticador Chupador - Masticador Chupador - Masticador Chupador - Masticador Masticador
diflubenzuron * etofenprox imidacloprid * lambdacyhalotrina	CORRIDABÚL® TREBON 30% EC® GAUCHO®, IMIDACLOPRID®, ROTAPRID® KARATE ZEON®, ZERO EC®, CRYSTALAM 2.5 EC® PROAXIS 60 SC®, PUNISHER®, TRONO®, YUDOKA®, LAMBDA CYHALOTRINA®, NINJA®, ZERO®	Masticador Masticador Chupador-Masticador Masticador
Lufenuron permetrina	MATCH 050 EC®, DARFIN® PERMETOX®, PERMASECT CE 30®, PERMITI 50 EC®,	Masticador Chupador-Masticador
malathion	ACUAFIN 440 EW®, MALATHIO 25% PM® MALATHION 50% PM®, MALATHION 57 EC®, MALATHION 25 % EC®	Chupador-Masticador
metaxifenozone milbemectin pirimifos-metil piridaben procloraz sulfluramid tebufenozone thiametoxam	INTREPID 2F®, MILBECNOCK®, ACTELLIC 50 EC® SANMITEC® SPECTRUNG® ATTA-KILL®, FLURAMIN® MIMIC2F® ACTARA 25 WG® ACT-UP25 GDA®, CRUISER®	Masticador Chupador Chupador Chupador Chupador Masticador Masticador Chupador
tiocyclam triclorfon teflubenzuron diflubenzuron + lambda cyhalotrina	EVISECT-S® CEKUFON® LEPIMOLT® METRALLA®	Masticador Masticador Masticador Masticador
LIGERAMENTE TÓXICOS CATEGORÍA IV		
alicina,ajoene,nicotinamida,garl icina,sulfoxidos azadirachtina*	SPECTRUM G® ACEITE DE NIM 1%®, AZATIN®, NEEM-X®, NEENKNOCK®	Chupador Masticador
B acillusthuriensis B. thuringiensis var. Kurstaki B. thuringiensis var. Aizawai	DIPEL ES® ,D IPEL8L® NEW BT® XENTARI®	Masticador Masticador Masticador
bioinsecticida bioquimico ciromzina	METANYM®, NEXUS, X-TRACT® FUMINATE 75 WP®, TRAFFIC®, TRIGARD 75 PM®	Chupador

diafentiuron	POLO 250 se® , SHARK®	Chupador
diflubenzuron *	DIMILIN 25% WP®	Chupador -Masticador
extracto de crisantmo, sassofra, silice	ARDEN®	Chupador -Masticador
fipronil	AMULET®	Masticador
flufenoxuron	CASCADE®	Masticador
imidacloprid*	CONFIDOR 350 SC®, JADE 70 WG®, PLURAL®,	Chupador -Masticador
imidacloprid-cyflutrin	MURALLA®	Chupador - Masticador
pyriproxyfen	EPIGLE10EC®,ACRICID®,	Chupador
pyriproxyfen	EPIGLE10EC®,ACRICID®,	Chupador
sal modificada de potasio	KABON®	Chupador-Masticador
spinosad	SUCCESS GF®, TRACER®	Masticador
teflubenzuron	NOMOLTA®	Masticador
clorfluazuron	ATABRON®	Chupador - Masticador
polibuteno	BIO-TAC®	Chupador
allylisothiocyanate + capsaicin	BROMOREX®	Masticador
metabolitos botánicos y microbianos	DISRUPTOR®	Chupador - Masticador
liidrametinon	SIEGE PRO®	Masticador
etofenprox	TREBON®	Masticador

* Constan en dos categorías toxicológicas diferentes

Fuente: Valarezo y Muñoz (2011)

Tabla 8.5. Listado de plaguicidas prohibidos y restringidos en el Ecuador.

Acuerdo	Productos	Justificativo	
Acuerdo ministerial N° 0112, publicado en el Registro oficial N° 64 con fecha 12 de noviembre de 1992	1.- Aldrin	Por ser nocivo para la salud y haber sido prohibida su fabricación, comercialización o uso en varios países.	
	2.- Dieldrin		
	3.- Endrin		
	4.- BHC		
	5.- Campheclor (Toxafeno)		
	6.- Clordimeform (Galecron y Fundal)		
	7.- Chlordano		
	8.- DDT		
	9.- DBCP		
	10.- Lindano		
	11.- EDB		
	12.- 2, 4, 5 T.		
	13.- Amitrole		
	14.- Compuestos mercuriales y de plomo		
	15.- Tetracloruro de Carbono		
	16.- Leptophos		
	17.- Heptachloro		
	18.- Chlorobenzilato		
Acuerdo Ministerial N° 333.- publicado en el Registro Oficial N° 288 con fecha 30 de septiembre de 1999.	19.- Methyl Parathion	Por producir contaminación ambiental, efectos tóxicos y por haberse cancelado el registro en varios países	
	20.- Diethyl Parathion		
	21.- Ethyl Parathion		
	22.- Mirex		
	23.- Dinoseb		
	24.- Pentaclorofenol		Únicamente para uso industrial, no para uso agrícola.
	25.- Arseniato de cobre		
	26.- Aldicarb Temik 10% G y 15% G, restringe el uso, aplicación y comercialización exclusivamente a flores, y exclusivamente mediante el método de “Uso restringido y Venta Aplicada”	Para evitar la aplicación de este plaguicida en banano y haberse encontrado residuos de Temik en banano procedente de Ecuador. Por haberse cancelado y prohibido su uso en varios países. Por nocivo para la salud.	

Acuerdo Ministerial N° 123, publicado en el registro oficial N° 326 con fecha 15 de mayo del 2001	27.- Zineb solo o en combinación con otros funguicidas	Por ser potencialmente nocivo para la salud humana y estar cancelado y prohibido su uso en algunos países.
Resolución N° 015, publicado en el Registro Oficial N° 116 con fecha 3 de octubre del 2005	28.- Binapacril 29.- Óxido de Etilen 30.- Biclóruo de etileno	Por riesgos cancerígenos, constituyendo productos nocivos para la salud humana, animal y el ambiente.
Resolución N° 015, publicado en el Registro Oficial N° 116 con fecha 3 de octubre del 2005	31.- Monocrotofos	Por haber prohibido su uso en varios países, debido a sus propiedades nocivas para la salud y el ambiente.
Resolución N° 073, publicado en el Registro Oficial N° 505 con fecha 13 de enero del 2009	32.- Dinitro Orto Cresol – DNOC (Trifrina) 33.- Captafol 34.- Fluoroacetamida 35.- HCH (mezcla de isómeros) 36.- Hexaclorobenceno 37.- Paratión 38.- Pentaclorofenol y sales ésteres de pentaclorofenol 39.- Formulaciones de polvo seco con la mezcla de: 7% o más de benomilo. 10% o más de carbofurano y 15% o más de tiram. 40.- Metamidofos (Formulaciones líquidas solubles de la sustancia que sobrepasen los 600 g/l de ingrediente activo). 41.- Fosfamidón (formulaciones líquidas solubles de la sustancia que sobrepasen).	Por ser un producto peligroso para la salud humana y el ambiente.
Resolución N° 178, publicado en el Registro Oficial N° 594 con fecha 12 de diciembre del 2011.	42.- Endosulfan y sus mezclas	Que ingresó al anexo A del convenio de Estocolmo por lo que paso a formar parte de los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), siendo peligroso para la salud y el ambiente, por lo tanto el Ecuador determinó su eliminación de la lista de plaguicidas registrados.

Fuente: MAGAP – AGROCALIDAD (2016)

Gestión integral de plaguicidas obsoletos

Según la FAO, los plaguicidas obsoletos son un conjunto de sustancias y materiales contaminados (semillas, fertilizantes, pulverizadoras, suelo contaminado, entre otros) considerados un tipo de desecho tóxico que debido a las características eco-toxicológicas que poseen, representan mayor riesgo que los plaguicidas vigentes. En este conjunto se incluyen plaguicidas caducados, deteriorados, prohibidos, no registrados, adulterados, desconocidos, que no pueden ser usados para el propósito que fueron elaborados.

El Ecuador, mediante el proyecto UTF/ECU/095/ECU que fue ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la FAO en 2014, dio el primer paso en gestión integral de plaguicidas obsoletos (POs) generados en el sector agrícola, al lograr la eliminación segura de 16 toneladas de estas sustancias que se encontraban acumuladas en 26 sitios del país. Sin embargo, durante la consecución del primer inventario sectorial, se

reportó la existencia de nuevas acumulaciones de estas sustancias en diferentes sitios potenciales del territorio nacional, en los cuales no se descarta la posibilidad que las cantidades y condiciones de almacenamiento constituyan graves riesgos y amenazas a la salud y ambiente de la población circundante.

En el 2017, Agrocalidad con el apoyo de los gremios APCSA e INNOVAGRO, realizó un nuevo inventario en 240 empresas y 2181 almacenes de expendio, teniendo como resultado 112.20 toneladas de plaguicidas obsoletos, en 23 provincias del país (AGROCALIDAD, 2019).

Los plaguicidas y el ambiente

Cuando se aplica un plaguicida en un cultivo se está interfiriendo con el desarrollo normal de un agroecosistema, ya que se incorpora un elemento extraño y tóxico para muchas de las formas de vida que existen en el mismo. La gran mayoría del producto que se asperja no alcanza la plaga objetivo y se esparce de diferentes maneras, contaminando suelo y fuentes de agua con moléculas de difícil degradación. Una vez liberados en el ambiente, los plaguicidas son sometidos a muchos procesos, estos incluyen la absorción, transferencia, absorción y descomposición.

Absorción. Es la retención del plaguicida en las partículas del suelo, la cantidad de producto absorbido por el suelo, varía de acuerdo al tipo de plaguicida, humedad, pH y textura del suelo. Los plaguicidas se absorben con mucha facilidad en suelos con altos niveles de arcilla y materia orgánica, pero no en suelos arenosos. Este fenómeno tiene mucha importancia desde el punto de vista ambiental ya que la erosión eólica puede transportar las partículas de plaguicidas a lugares distantes del sitio de aplicación, contaminando incluso las viviendas rurales y hasta las ciudades con este polvo tóxico.

Transferencia de plaguicidas. Es el proceso mediante el cual el plaguicida se aleja de su sitio objetivo de control, este fenómeno incluye la volatilización, deriva, escorrentía, lixiviación y removimiento por la cosecha (Figura 8.2).

Volatilización. La volatilización es el proceso mediante el cual el plaguicida sólido o líquido se convierte en gas, este gas puede desplazarse lejos del sitio inicial de aplicación, el movimiento se conoce como deriva de vapor y es importante en el caso de los herbicidas hormonales que pueden dañar cultivos vecinos. Los plaguicidas se volatilizan con mayor facilidad en suelos arenosos y húmedos. El clima caliente y seco y el uso de gotas pequeñas incrementan la volatilización del producto.

Deriva. La deriva es el movimiento en el aire de las gotas de rocío lejos del sitio de tratamiento durante una aplicación y es afectado por:

- El tamaño de la gota, mientras más pequeño sea mayor será la cantidad de plaguicida perdido por deriva.
- La velocidad del viento, a mayor fuerza del viento mayor deriva.



Figura 8.2. Transferencia de plaguicidas. Obtenido del intener

- La distancia entre la boquilla y el sitio objetivo (planta o suelo), mientras más grande sea esta distancia habrá más riesgo de que el viento se lleve el plaguicida.

La deriva puede dañar los cultivos vecinos sensibles o contaminar productos listos para la cosecha, además es un riesgo para las personas, animales domésticos e insectos polinizadores. Puede contaminar el agua de ríos, estanques y canales provocando daño a la flora y fauna acuática. La deriva excesiva reduce la cantidad de plaguicida que llega al sitio objetivo y puede reducir significativamente la eficiencia del tratamiento.

La escorrentía. Es el movimiento del plaguicida en el agua sobre una pendiente, el agroquímico puede estar mezclado con el agua o pegado al suelo erosionado. La cantidad de plaguicida que se pierde por escorrentía depende de:

- El grado de la pendiente
- La textura del suelo
- El contenido de humedad del suelo
- La cantidad y tiempo de lluvia o riego
- El tipo de plaguicida usado

La escorrentía de áreas tratadas con plaguicidas puede contaminar fuentes de agua y los residuos de los productos que quedan en la superficie del agua pueden dañar la flora y fauna de lugares protegidos, se estima que de seis a catorce millones de peces mueren anualmente por efecto de los plaguicidas.

Este fenómeno puede evitarse:

- Usando el mínimo posible de laboreo del suelo para prevenir la erosión
- Usando curvas de nivel.
- Dejando bordes y cobertura vegetal para detener la escorrentía.

Las pérdidas de plaguicidas por escorrentía son mayores cuando llueve pesadamente después de aplicar, por lo que se recomienda no realizar aplicaciones si se sospecha que va a llover.

Lixiviación. Es el movimiento del plaguicida en el agua que hay en el suelo. La lixiviación ocurre hacia abajo, hacia arriba o hacia los lados. Las características del suelo y del tipo de plaguicida y sus interacciones con el agua de riego y la lluvia son influyentes para determinar la cantidad de producto que se pierde por lixiviación.

El agua de los acuíferos subterráneos puede contaminarse con plaguicidas lixiviados de campos de cultivo, zonas de mezcla, de lavado o depósitos de desechos de plaguicidas.

Removimiento de la cosecha. La cosecha de los productos agrícolas y el pastoreo son también maneras mediante las cuales los plaguicidas son removidos de los campos de cultivo, pero en su lugar son incorporados a las cadenas tróficas al ser ingeridos por seres humanos y animales.

Absorción. Es la toma del plaguicida por las plantas o microorganismos, la mayoría de productos son descompuestos una vez que son absorbidos, pero los residuos pueden liberarse al ambiente cuando el organismo que toma muere. Algunos agrotóxicos se quedan en el suelo por largo tiempo, por lo que pueden ser absorbidos por los cultivos años después, pudiendo ocasionar contaminación en las próximas cosechas.

Proceso de degradación de los plaguicidas

La degradación es el proceso de descomposición de los plaguicidas después de la aplicación, este fenómeno es llevado a cabo por microbios, reacciones químicas o por la luz del sol. Dependiendo de las condiciones climáticas y del tipo de plaguicida involucrado este proceso puede durar entre unas horas a varios años. Los plaguicidas que se descomponen rápido son más amigables con el ambiente pero por lo general tienen un período corto de control.

La **descomposición microbiana** es realizada por microorganismos como hongos y bacterias y ésta se incrementa cuando la temperatura es cálida, el pH del suelo es favorable, la humedad y el oxígeno del suelo es adecuado y la fertilidad es buena.

La **descomposición química** ocurre por reacciones químicas en el suelo. La tasa y tipo de reacciones que ocurren están influenciadas por:

- El grado de absorción del plaguicida a las partículas de suelo.
- La temperatura y humedad del suelo.
- El pH. La mayoría de plaguicidas se descomponen más rápido en un pH alcalino.

La fotodegradación. Es la descomposición de un plaguicida por la luz del sol. Todos los plaguicidas son susceptibles a la fotodegradación en cierto nivel. La tasa de descomposición está determinada por la intensidad y espectro de luz, cantidad de exposición y las características propias del producto. Los plaguicidas que se aplican en el follaje están más expuestos a la fotodegradación que los que se incorporan al suelo.

Efecto de los plaguicidas sobre los enemigos naturales y polinizadores

Es evidente que solo un pequeño porcentaje del producto que se utiliza en una aplicación llega a su destino que es la plaga que se quiere combatir, por el contrario una gran cantidad de plaguicida afecta a los enemigos naturales como depredadores, parasitoides, entomopatógenos y antagonistas (Figura 8.3), lo que origina un incremento en el desequilibrio ecológico, lo que sumado al fenómeno de resistencia a insecticidas provoca un resurgimiento de los niveles poblacionales de los fitopatógenos, lo que obliga al productor a aplicar cada vez dosis más elevadas y hacer aspersiones calendarizadas de plaguicidas, creando un círculo

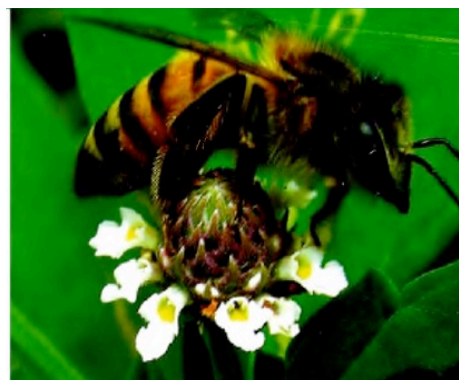


Figura 8.3. Abeja (*Apis mellifera*) afectada por plaguicidas. Obtenido del

vicioso conocido como “rueda de molino de plaguicidas”.

Aunque las normas internacionales para la formulación de plaguicidas exigen pruebas que demuestren que estos no son dañinos para los enemigos naturales, en la realidad siempre existe un efecto negativo sobre los biocontroladores, ya que en los ensayos a los que se someten los nuevos productos solo determinan la toxicidad aguda de la sustancia, es decir la cantidad de individuos que mueren al entrar en contacto con el producto pero no miden el efecto a largo plazo que podrían tener sobre los enemigos naturales, como la pérdida de su eficacia o la disminución de su fertilidad.

Otro efecto negativo importante de los plaguicidas es la toxicidad que estas sustancias tienen sobre los insectos polinizadores especialmente las abejas. Se calcula que

aproximadamente el 20% de las colonias de abejas que existen en el mundo son afectadas en alguna medida por los plaguicidas.

Legislación sobre plaguicidas en Ecuador

La legislación ecuatoriana incorporó algunas normativas orientadas a regularizar el empleo de plaguicidas mediante disposiciones que protegen la salud de los seres humanos y la inocuidad del medio ambiente, como las que contempla el respectivo reglamento:

Art. 25. Prohibición. Se prohíbe a quienes se dediquen a la formulación, fabricación, importación, distribución y comercialización de plaguicidas y productos afines, el transporte de estos, en vehículos destinados habitualmente al transporte de personas, animales, alimentos, para uso humano y animal, bebidas y medicinas (Figura 8.4), debiéndose cumplir las normas que para el transporte de estos productos establece el INEN.



Figura 8.4. No llevar plaguicidas junto con los alimentos. Obtenido del intener

Art. 26.- Leyendas de etiquetas. Toda etiqueta, folleto o anuncio de propaganda en cualquier medio de comunicación social relacionada con los plaguicidas o productos afines, expresará con claridad el número de registro. Se prohíbe utilizar cualquier expresión que indique ser recomendados por cualquier dependencia del MAGAP y sus entidades y programas adscritos.

El MAGAP podrá decomisar o prohibir el uso de etiquetas, folletos, propagandas, etc., que no se encuentren de acuerdo a las disposiciones de la Ley y este reglamento sin perjuicio de las sanciones que correspondan a los responsables de la infracción.

Art. 27. Prohibición. Se prohíbe el expendio de los plaguicidas y productos afines que no cumplan con las disposiciones señaladas en la Ley y este reglamento y de aquellos cuyo registro no se encuentren vigentes o hubieren sido cancelados.

Art. 28. Plaguicidas altamente tóxicos.- Los plaguicidas extremadamente y altamente tóxicos solo podrán expendirse en los establecimientos que dispongan las medidas de seguridad y en locales aprobados por el Ministerio de Salud Pública. Un Ingeniero Agrónomo, debidamente colegiado y registrado, intervendrá en los términos previstos en el Art. 21 de la Ley 73 publicado en el Registro Oficial N°442 de mayo de 1990.

Uso racional de Plaguicidas

Manejo Integrado de Plagas.

El manejo Integrado de Plagas (MIP) surgió como una necesidad en la búsqueda de alternativas a los graves problemas creados con el uso indiscriminado de plaguicidas.

El MIP actualmente ya es una etapa fundamental en el tránsito hacia la agricultura sostenibles y orgánica, y se considera no una tecnología sino una Filosofía de trabajo. Existen varias definiciones entre ellas:

“Es la combinación de métodos que comprenden principalmente medidas biológicas, biotécnicas, de fitomejoramiento y de técnicas de cultivos, reduciendo al **mínimo** indispensable la aplicación de **plaguicidas químicos**.”

“Una alternativa para solucionar el problema ocasionado por el abuso de los plaguicidas, ha sido la aparición del MIP que concibe el uso de estos productos sintéticos pero de forma **racional**, e integra nuevas estrategias como los medios biológicos, las prácticas agronómicas o labores culturales con criterio de prevención fitosanitaria entre otros, que permiten minimizar el uso de **agrotóxicos**.”

Componentes básicos del MIP:

- 1.- Prevención
- 2.- Observación
- 3.- Intervención

Cuando no son suficientes las dos primeras opciones, se debe llegar a la intervención directa sobre los organismos nocivos, por lo que en la agricultura aún se necesita de los plaguicidas como último recurso, sin olvidar que los riesgos en los que se incurren por su uso obligan a establecer sistemas de prevención y reducción de impactos negativos, así como políticas ambientalistas que contribuyan a una utilización racional.

Las prácticas para el uso racional de plaguicidas consideran los siguientes aspectos.

Evaluar periódicamente las poblaciones de las plagas y sus enemigos naturales.

Realizar aplicaciones de plaguicidas sólo cuando se supere el umbral de daño económico.

Preferir las aplicaciones dirigidas y localizadas, donde se encuentre la plaga.

Conservar y proteger en lo posible los agentes de control biológico.

Utilizar en lo posible productos selectivos y evitar el uso de sustancias de amplio espectro.

Evitar el uso repetido de productos con el mismo mecanismo de acción para retrasar el fenómeno de la resistencia a plagas.

Tomar medidas adecuadas de protección personal y del medio ambiente.

Recomendaciones para el uso de plaguicidas

Los plaguicidas son sustancia venenosas tanto para las plagas que se quiere combatir como para el hombre y el resto de seres vivos, por eso deben manejarse con mucho cuidado para evitar en lo posible accidentes y efectos secundarios indeseados (Figura 8.5).

Un alto porcentaje de intoxicaciones ocurren porque el agricultor desconoce medidas básicas de manejo de estos productos, como leer la etiqueta antes de aplicar y usar la ropa de protección adecuada (Figura 8.6), además existe desconocimiento de los primeros auxilios que deben brindarse cuando ocurre un accidente con plaguicidas.



Figura 8.5. Niños y personas sin protección no deben estar presentes en una labor de aplicación de plaguicidas. Obtenido del internet.

El uso racional de los plaguicidas empieza desde la compra del producto en los almacenes autorizados para el expendio de estos productos. Cuando se compran plaguicidas se deben tomar en cuenta los siguientes detalles:

Revisar la fecha de caducidad del producto, por regla general los plaguicidas tiene una vida útil de dos años después de su envasado.

Buscar en la etiqueta si el producto está registrado para el cultivo y plaga que se quiere combatir.

No comprar productos reenvasados ni al granel, se debe exigir al vendedor el producto en su envase original con sus sellos y garantías.

Adquirir la cantidad necesaria del producto, no comprar demás para evitar tener que almacenar recipientes abiertos.

Buscar la ayuda de un Ingeniero Agrónomo para que recomiende el tratamiento fitosanitario adecuado para combatir cualquier tipo de plaga.

Cuando se transportan plaguicidas en vehículos se deben tomar las siguientes precauciones:

- Cargar los productos en el balde de la camioneta, nunca en la cabina del chofer, para evitar el contacto de los pasajeros con las emanaciones toxicas provenientes de los plaguicidas (Figura 8.7).
- No transportar plaguicidas junto con alimentos, forrajes, ropas, animales o personas.
- Asegurar antes del viaje que los plaguicidas estén bien sujetos y cubiertos.

Una vez que los productos estén en la finca se los debe almacenar fuera del alcance de los niños y personas irresponsables, si es posible bajo llave. Es preferible almacenar los productos fuera de la casa en un local con la suficiente ventilación e iluminación. Bajo ningún concepto se debe utilizar recipientes no adecuados como botellas de cola o agua para reenvasar plaguicidas porque se corre el riesgo de grandes accidentes.

Los plaguicidas deben transportarse en la caja (balde) de la camioneta no en la cabina.

Si un agricultor ha decidido realizar un tratamiento fitosanitario utilizando un plaguicida se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Antes de aplicar

Leer la etiqueta para informarse de la categoría toxicológica del producto, las recomendaciones de seguridad para su manejo y las dosis recomendadas para cada plaga y cultivo y seguir cuidadosamente las instrucciones de uso allí indicadas.



Figura 8.6. Usar ropa adecuada para la aplicación de plaguicidas. Obtenido del internet.



Figura 8.7. Forma apropiada para transportar los productos. Obtenido del internet.

Verificar el buen funcionamiento de los equipos de aplicación.

- Revisar que el equipo este limpio
- Limpiar muy bien todos los filtros.
- Engrasar el pistón
- Buscar todas las partes que lleven empaques y cambiarlos cuando estén gastados.
- Poner agua limpia y buscar fugas de mangueras.
- Genere presión y busque fugas en el pistón y en la lanza.

Usar ropa y equipo de protección adecuado el cual está compuesto por botas de caucho, pantalón largo, camisa mangas largas, guantes de caucho, mascarilla con respirador, gafas protectoras y sombrero resistente al agua (Figura 8.8).

Durante la mezcla del plaguicida se debe realizar lo siguiente (Figura 8.9):

- Utilizar la ropa protectora antes indicada.
- No agitar el producto con la mano descubierta.
- Realizar la mezcla al aire libre, evitando derrames y salpicaduras del producto.
- Utilizar agua limpia, evitando las aguas duras o salinas.
- Llenar el tanque hasta la mitad, medir la dosis recomendada y agitar la mezcla con un palo limpio y terminar de llenar el tanque.
- Enjuagar muy bien en donde midió el producto.
- Conservar los sobrantes en el envase original bien cerrado.
- Si va a revolver varios productos, consultar con un profesional agropecuario si es posible mezclarlos y de qué forma.

Aplicar el triple lavado en los envases siguiendo los siguientes pasos

1. Ecurrir perfectamente el contenido del producto al elaborar la mezcla en el tanque mezclador, del equipo de aplicación (Figura 8.10).



Figura 8.8. Ropa y equipo adecuado para aplicar plaguicidas. Obtenido del internet.



Figura 8.9. Cuidados en la mezcla. Fuente: INIAP (2016).



Figura 8.10. Triple lavado en los envases. Fuente: INIAP (2016).

2. Agregue agua limpia al envase hasta la cuarta parte, tápelo y agítelo con la tapa hacia arriba por 30 segundos. Vacíe el contenido en el tanque del aspersor.

Agregue nuevamente agua limpia al envase hasta la cuarta parte de su capacidad y agítelo durante 30 segundos con la tapa hacia abajo. Vuelva a vaciar el contenido al tanque del aspersor.

3. Repita la operación por tercera vez, agregue nuevamente agua limpia al envase hasta la cuarta parte de su capacidad y nuevamente agítelo durante 30 segundos esta vez con la tapa hacia un lado y vuelva a vaciar el contenido al tanque mezclador del equipo de aplicación (Figura 8.11).



Figura 8.11. Triple lavado en los envases. Fuente: Fundación limpiemos nuestro campo (2020).

Otras recomendaciones

- No vuelva a utilizar los envases para ningún fin.
- No deje tirado los envases en el campo ni los quemar.
- Devuélvalos al distribuidor al que se compró.

En el momento de la aplicación

- No destapar nunca las boquillas con la boca, lávelas con agua y destápelas con una paja, astilla o espina delgada.
- No aplicar en contra del viento, aplicar preferentemente en la mañana.
- Evitar trabajar dentro de la nube de aspersión.
- Evitar el ingreso de personas mientras se está realizando la aplicación.
- No comer, beber, ni fumar antes, durante y después de la aplicación (Figura 8.12).



Figura 8.12. Pasos a cumplir después de la aplicación de plaguicidas. Fuente: Syngenta (2020).

Después de la aplicación

- Lavar la ropa, los elementos de protección y el medio de aplicación sin contaminar el medio ambiente.
- Quitarse la ropa de trabajo y darse un baño con abundante agua y jabón, lavarse bien las manos y la cara antes de comer, beber o fumar.

Intoxicaciones por plaguicidas (Figura 8.13)

Primeros auxilios

Cuando se produce un accidente usando plaguicidas se recomienda:

- Determinar el tipo de contaminación, si es por vía dermal lo que hay que hacer inmediatamente es bañar al intoxicado y quitarle la ropa contaminada.
- En caso de que la contaminación sea en los ojos, estos deben lavarse con abundante agua limpia durante 10 minutos.
- Si el producto fue ingerido no es recomendable hacer vomitar al paciente si este ha perdido la conciencia.
- Cualquiera que haya sido la vía de entrada del plaguicida se debe transportar la paciente lo más rápido posible a un hospital o centro de salud junto con la etiqueta del o los productos que han causado la intoxicación, con esta información el médico dará el tratamiento más adecuado para el afectado.



La eficacia de los primeros auxilios depende de la rapidez con la que se actúe y su correcta utilización. **AL PRIMER SINTOMA SUSPENDER LA ACTIVIDAD.**



Primeros Auxilios.

- 1.- Identificar el tipo de Intoxicación
- 2.- Mover al individuo a un sitio de menor contaminación.
- 3.- Despojar de la vestimenta contaminada.
- 4.- Identificar el agroquímico causante y guardar la etiqueta.
- 5.- Contaminación dermal – Lavar con agua y jabón.
- 6.- Contaminación de los Ojos – 15 minutos con agua.
- 7.- Contaminación por Ingestión – Carbón o Arcilla.



Figura 8.13. Sintomatología y primeros auxilios. Fuente: Ecuquímica (220).

REFERENCIAS

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro.(AGROCALIDAD) (2009) Listado de plaguicidas prohibidos en Ecuador (en línea). Disponible en http://www.expoflores.com/florecuador/images/archivos_recurso/PLAGUICIDASPROHIBIDOS%20Agosto%202009.pdf

AGROCALIDAD (2019) *Actualización del inventario nacional de plaguicidas obsoletos*. Obtenido de AGROCALIDAD Agencia de regulación y control fito y zoosanitario.: <http://www.agrocalidad.gob.ec/actualizacion-del-inventario-nacional-de-plaguicidas-obsoletos/>

Cornell University (2007) *Toxicity of pesticides*. Pesticide fact sheets and tutorial, module 4 (en línea). Pesticide Safety Education Program. Disponible en <http://psep.cce.cornell.edu/Tutorials/core-tutorial/module04/index.aspx> (Consulta abril 08 2020)

Falconí C, Galvis F (2010) *Vademecum Agrícola*. Edifarm. XI Ed. Quito. EC 1128p. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2002. III Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales y Provinciales. Quito, Ecuador. 137p.

FAO (2005) *Codex alimentarius; alimentos producidos orgánicamente* (en línea). 2ª ed. Roma, Italia. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0369s.pdf> (consulta abril 08 2020)

Figuerola I, Crespo L (2013) Plaguicidas: características, usos y cuidados in Gabriel, J; Crespo, M. y Danial, D (Eds.). *Curso sobre producción de hortalizas de alta calidad para el mercado interno*. Obtenido de DOI: [10.13140/2.1.1064.3526](https://doi.org/10.13140/2.1.1064.3526)

MAGAP - AGROCALIDAD (2016) *Listado de plaguicidas prohibidos y restringidos en Ecuador*. Quito - Ecuador: MAGAP Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - AGROCALIDAD Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro

Miller GT (2004) *Sustaining the Earth*, 6th edition. Thompson Learning, Inc. Pacific Grove, California. Chapter 9, Pages 211-216.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) (2003) *Código Internacional de conducta para La distribución y utilización de los plaguicidas*. Roma, IT. 34 p.

Roldan Tapia MD (2008) De los cultivos al cerebro: el efecto de los pesticidas, *Mente y Cerebro* 33: 50-51.

Secretaría General de la Comunidad Andina (2002) *Manual Técnico Andino Para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola*. Lima, Perú. 169 p

Solórzano M (2010) *Proceso Direccionamiento Estratégico. Consolidado Estadísticas Agropecuarias*. MAGAP. Dirección Provincial Agropecuaria. Portoviejo, Ecuador. 143 p

Stoytcheva M (2011) *Pesticides in the modern world: risks and benefits* (en línea). Intechopen, 5ª edición, baja California, México. 535 p. ISBN: 978-953-307-458-0. DOI: [10.5772/949](https://doi.org/10.5772/949) (consulta 08 abril 2020)

Valarezo O, Navarrete B, Cañarte E, Carrillo R, Carvajal T (2008) *Guía para el uso racional de plaguicidas*. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Departamento Nacional de Protección Vegetal-Entomología. Núcleo de Transferencia y Comunicación. Portoviejo, Ecuador. 22 p.

Valarezo O, Muñoz X (2011) *Insecticidas de uso agrícola en el Ecuador*. . Portoviejo: INIAP Insstituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Portoviejo. Departamento Nacional de Protección Vegetal. Sección Entomología.

Valarezo O, Carrillo R, Cañarte E, Navarrete B, Carvajal T, Muñoz J (2014) *Uso racional de plaguicidas*. Portoviejo: INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaiones Agropecuarias. Estación Exprimetal Portoviejo.

Valarezo O, Navarrete B, Cañarte E, Carrillo R, Carvajal T (2008) *Guía para el uso racional de Plaguicidas. Transferencia y difusión de tecnologías agroproductivas diversificadas para medianos y pequeños productores de Los Ríos, Guayas y Manabí*. Portoviejo: INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Portoviejo.

ANEXOS

Anexo1. Sistematización de características morfológicas para identificar ordenes en insectos

Orden	Cabeza	Aparato bucal	Ojos	Ocelos	Antenas	Alas	Patas	Abdomen	Cerco	Estilo
Protura	Piriforme	Suctorio	Pseudóculos	Faltan	Faltan	Faltan	Tarso de un segmento, uña simple y empodia como cerda	9 segmentos en jóvenes y 12 en adultos	Falta	En los 5 segmentos abdominales
Thysanura	Ancha	Masticador	Ausentes vestigiales y bien desarrollados	Ausentes o presentes	Largas y de 30 o mas segmentos	Faltan	Coxa pequeña, tarsos de 3ª 4 artejos; uñas de 2 a 3	10-11 segmentos	Largo y a veces hay pseudocerco	En esternitos del 2-9
Aptera		Piezas bucales desarrolladas	Ausentes	Ausentes	Tamaño medio, multisegmentados	Ausentes	Tarso de un segmento	10 segmentos completos	Corto, largo o en forma de pinza	En esternitos 1-7 o 2-7
Collembola		Masticador	Presentes		De 4 a 6 segmentos	Ausentes	Tibia y tarso formando un solo segmento	6 segmentos, colóforo, fúrcula y tenáculo		
Orthoptera	Muy unida al torax y con frente vertical generalmente	Masticador	Compuestos bien desarrollados	Dos o tres	Filiformes largas o cortas	Primer par tegminas, 2º membranoso. Reducidas o faltan	Generalmente bien desarrolladas; en algunas especies el tercer par con fémures robustos	9 a 10 segmentos bien definidos. En ciertas especies el ovipositor largo como lanza o en forma de sable	Simple o segmentado	Noveno esternito a veces con un par de estilos.
Dermaptera	Pequeña redonda o ancha, prognata, con sutura epicraneal en forma de y.	Masticador bien desarrollado.	Bien desarrollados o estigiales	Presentes o faltan	Moderadamente largas con muchos segmentos.	Tegmina corta y truncada, alas membranosas semicirculares plegadas como abanicos.	Cortas y fuertes, tarsos de 3 artejos. U par e uñas con o sin arolia o empodia	11 segmentos, los tergitos basales poseen glándulas olorosas	Modificados y segmentos en jóvenes en adultos tiene formas de pinza.	
Diplogossata		Masticador	Atrofiados		Cortas y delgadas de varios segmentos.	Faltan	Protorax grande, patas cortas y de 3 artejos	11 segmentos.	Largo de un solo segmento	
Plecoptera	Ancha	Masticador con mandíbulas bien desarrolladas o reducidas	De tamaño moderado pequeños	Dos o tres pero pueden faltar	Largas filiformes y de 25 a 100 segmentos	Del mismo tamaño, con muchas venas, 2º par con área anal grande	Coxas pequeñas, tarsos de 3 artejos, Dos uñas y una empodia	11 segmentos	Filiformes pocos segmentos o uno solo.	

Isoptera	Pequeña o muy grande	Mordedor veces vestigial con mandíbulas pequeñas, normales o muy grandes	Bien desarrollados, vestigiales o faltan	Dos pero pueden faltar	Cortas o largas, moniliformes y de muchos segmentos	Perfectas iguales, pueden estar poco desarrolladas o faltan	Protorax libremás pequeños que la cabeza. Patas cortas con tarzos de 4 a 5 artejos. Dos uñas	10 segmentos	Corto, peludo simple o de 2-8 segmentos.	
Zoraptera	Grande y libre	Masticador con mandíbulas fuertes y palpos maxilares de 5 segmentos	Bien desarrollados o faltan en formas ápteras	Tres ovales	Moniliformes de 9 segmentos	Membranosas, con pocas venas. Pueden faltar	Protórax libre casi de forma circular, fémures posteriores cortos y fuertes, tarso de 2 segmentos.	10 segmentos	Corto de un solo segmento y con pocos pelos muy largos	
Embioptera	Grande	Masticador	Pequeños en hembras y grandes en machos	Ausentes	Filiformes de muchos segmentos	Membranosas de igual tamaño. y venación, vestigiales. Hembras ápteras	Cortas, corredoras con tarso de 3 segmentos, y el 1° muy dilatado en las anteriores	<i>Teriminalia</i> asimétrica en los machos 10 segmentos	Generalmente 2 artejos. Machos con el izquierdo de un segmento en algunas especies	
Corrodentia	Grande y libre	Masticador modificado	Generalmente grandes y ampliamente separados	Tres cuando existen	Cortas o largas y filiformes	Formas braquípteras, el par posterior más pequeño. Venación simple	Protórax pequeño como cuello. Patas delgadas con fémures a veces muy dilatados, tarso de 2 ó 3 artejos	10 segmentos	Ausente	
Mallophaga	Ancha, aplanada y algo triangular normalmente emarginada	Masticador con palpos maxilares presentes o ausentes	Reducidos	Ausentes	Cortas, filiformes o claviformes libres o en una canaladura ventral; 2-5 segmentos	Ausentes	Protórax generalmente más angosto que la cabeza, libre o fusionado con el mesotórax. Mesotórax y metatórax pueden fusionarse. Patas cortas con tarso de 1 a 2 artejos, sin o con una o dos uñas modificadas	8 a 10 segmentos; Oval, casi circular o alargado y con lados paralelos		
Anoplura	Pequeña	Picador - chupador con pico carnoso unisegmentado	Reducidos o ausentes	Ausentes	Cortas, setiformes y de 3 a 5 segmentos	Ausentes	Cortas: tarso de un segmento y uñas simples especializadas	9 segmentos oval o circular	Ausente	

Ephemera (adultos)	Pequeña	Abortivo o poco desarrollado; mandíbulas vestigiales o ausentes; maxilas muy pequeñas. P. M. presentes	Grandes y frecuentemente divididos en los machos	Tres	Generalmente con 2 segmentos basales	Faltan o 2 pares desiguales de venación complicada. El par anterior más grande que el posterior	Mesotórax más grande que el protórax. Patas de 1-5 artejos	10 segmentos. Oviductos abriendo entre los esternitos VII y VIII	Largo y filiforme. Multi-segmentado	
Odonata (adultos)	Alargada lateralmente y de movimiento libre	Masticador con mandíbulas fuertes; palpos maxilares de un solo segmento y 2 en los labiales	Bien desarrollados	Tres	Pequeñas y setáceas	Largas, angostas y de igual venación 2 pares	Patatas grandes y espinosas con tarsos de 3 artejos	10 segmentos. Los órganos copuladores del macho están en el vientre del segundo segmento	De un segmento y ayuda en la cópula	
Thysanoptera	Libre sin cuello	Asimétrico, raspador-chupador	Grandes y redondos a veces con pocas facetas	Dos o tres en formas aladas, ausentes en las ápteras	De 6-9 segmentos (hasta 10) provistas de sensorias circulares o en forma de cuerno	Reducidas bien desarrolladas. largas y angostas con flecos de pelos	Pequeñas, tarsos de 1 a 2 segmentos, frecuentemente con una vesícula reversible o alargamiento en forma de gancho	10 segmentos, a veces 11, está reducido. Segmento basal unido al tórax el último puede ser tubular	Ausente	
Hemiptera	Generalmente libre y con frecuencia exhibe una especie de cuello	Chupador adaptado para succionar líquidos	Grandes, pequeños o ausentes	Presentes o ausentes	Bien desarrollados o atrofiados o ausentes de 4 a 5 segmentos	Primer par son hemélitros, 2º membranoso. Pueden fallar o estar reducidas	Escutelo cubriendo a veces el abdomen. Patas variables en forma, tarsos de 3 segmentos. raramente de 1-2 o heterómeros	Generalmente ancho o largo, de 9 a 11 segmentos, pero generalmente 10		
Homoptera		Chupador. Pico largo, corto y puede faltar	Bien desarrollados, reducidos; tubérculos oculares en afídidos y psílidos	Dos o tres en formas aladas	Cetácea de 3- 10 segmentos, hasta 25 en cóccidos machos	Dos pares, solo un par en cóccidos machos; pueden faltar	Cortas o largas, tibias posteriores en hembras sexuales con sensorias circulares; tarsos de 1-2 y 3 artejos con 1 ó 2 uñas	De 9 a 11 segmentos. En las cigarras hay órganos productores de sonido en la base. Tiene tubos excretorios de miel y glándulas cericíferas.		

								Pigídio de valor taxonómico		
Neuroptera	Libre	Masticador	Grandes y a veces muy separados	Tres cuando existen	De varias formas pero generalmente filiformes y de muchos segmentos	De igual forma, tamaño y venación	Largas y delgadas con tarsos de 5 segmentos	Cilíndrico y delgado de 10 segmentos	Ausente	
Coleoptera	Libre, prolongada hacia arriba o hacia abajo formando un pico	Masticador con mandíbulas fuertes a veces muy desarrolladas, palpos de 2-5 segmentos	Grandes	Generalment e faltan	Antena de diversos tipos generalmente 11 segmentos	Dos pares; el 1º como estuche, el 2º membranoso	Adaptadas para muchos usos con tarsos de 1-5 segmentos siendo este último número el más frecuente	De 10 segmentos; el último forma el ovipositor de la hembra	Ausente	
Strepsiptera	Transversal	Piezas bucales atrofiadas	Aparentes	Ausentes	Más cortas que el cuerpo y flabeladas 4-7 segmentos	Primer par reducido a órganos en forma de clava, las posteriores en forma de abanico. Hembras apteras, larvariformes	Metatórax muy desarrollado. Tarso de 2-5 segmentos	De 10 segmentos. Edeago en el noveno esternón		
Lepidoptera		Chupador y formado por las galeas, corto o largo	Grandes	Dos o ninguno	Variable; claviforme o aserrado, con un gancho o una dilatación en la punta; plumosa en los machos	Membranosas cubiertas de escamas, bien desarrolladas o atrofiadas. El primer par más grande	Con tarsos de 5 artejos. Las anteriores normales o reducidas	De 10 segmentos; el primero reducido y su esternito falta o es membranoso		
Mecoptera	Alargada y vertical	Masticador	Grandes y ampliamente separados	Tres o faltan	Larga, filiforme y de muchos segmentos	De igual forma, tamaño y venación. Dispuestas en forma de tejado o	Largas, delgadas y fuertes. Tarsos de 5 artejos con 1 ó 2 uñas	La genitalia del macho generalmente tiene forma de bulbo	Corto de 1-2 segmentos	

						aplanadas. Reducidas o faltan				
Trichoptera		Masticador pero poco desarrollado	Bien desarrollados	Tres o faltan	Largas, filiformes y de muchos segmentos	Cuatro, cubiertas de pelos y escamas con muchas venas longitudinales y pocas transversales. En tejado durante el reposo	Adaptadas para caminar y correr, tibia con espolón y tarso de 4 artejos	De 9 a 10 segmentos	De 1 a 2 segmentos	
Hymenoptera	Libre	Especializado para morder, masticar y chupar	Bien desarrollados atrofiados en pocos casos	Generalmente presentes en número de tres	Variable, normalmente de 12 segmentos en los machos y 13 en las hembras	Dos pares de alas membranosas, de venación complicada o ausente en algunos casos. A veces faltan, reducidas en algunos casos	Con tarsos de 5 segmentos	Casi siempre con pedicelo basal y de 6-7 segmentos visibles. El primer segmento fusionado con el tórax; ovipositor desarrollado y a veces se modifica en un agujón		
Diptera	Grande, unida al tórax por un cuello pequeño	Chupador con diversos subtipos	Grandes y separados o contiguos	Generalmente 3 dispuestos en triángulo	De forma variable. La antena tiene 3 segmentos basales; el 3º lleva la arista y es más grande	Un par membranoso, pueden faltar o estar reducidas. El segundo par transformado en los balancines	Con tarsos de 5 segmentos. Pulvillas y empodia presentes o ausentes	Primeros segmentos a veces reducidos. El número visible varía de 4 a 5, del 2 al 11 en Tipula y 11 en Dacus en ambos sexos		
Siphonaptera	Pequeña	Picador chupador	Presentes o ausentes	Ausentes	Cortas, capitadas y parcialmente escondidas en una canaladura	Ausentes	Largas y fuertes, coxa muy grande; tarsos largos y de 5 segmentos con un par de uñas	Comprimido lateralmente y de 10 segmentos	Ausente	

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

Autores

Carlos Castro Piguave

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta, Ecuador. Magister (MSc) en Administración

Ambiental de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Fernando Ayón Villao

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agrónomo de la facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Magister (MSc) en Agroecología y Agricultura Sostenible de la Universidad Agraria de Guayaquil, Ecuador. Profesor titular de la Carrera en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Jéssica Morán Morán

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agrónomo de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Ecuador. Magíster en Ciencias (MSc) mención Microbiología, Universidad Austral de Chile, Chile. Profesor – investigador en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Máximo Vera Tumbaco

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", Ecuador. Magister (MSc) en Administración Ambiental de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Pedro Valdés Tamayo

De nacionalidad cubana, Licenciado en Matemática en la Universidad de Oriente. Doctor en Ciencias Pedagógicas en el Centro de Estudios "Manuel F. Grant" de Santiago de Cuba. Docente de matemáticas en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Editores

Julio Gabriel Ortega

De nacionalidad boliviana, Ing. Agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuaria, Veterinarias y Forestales de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. Maestro en Ciencias (MSc) en Genética del Colegio de Posgraduados, Montecillo, México. Diplomado en Educación Superior de la UNITEPC, Bolivia, Diplomado en Formación Gerencial de la Universidad Católica Boliviana, Bolivia. Diplomado en Estudios Avanzados de la Universidad Pública de Navarra, España. Doctor (PhD) en Producción Agraria y Aplicaciones Biotecnológicas de la Universidad Pública de Navarra, España. Trabajo 27 años en la Fundación PROINPA en Bolivia como investigador, Editor Principal de la Revista Latinoamericana de la Papa de la ALAP, parte del Comité Editor de la Revista UNESUM Ciencia en Ecuador, co-editor de la Revista de Agricultura en Bolivia y par evaluador en varias revistas científicas. Publicó más de 50 artículos científicos en revistas indexadas y varios libros. Actualmente Docente – investigador en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Marcos Manobanda Guamán (+)

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí", Ecuador. Magister (Mg. Duie.) en Docencia Universitaria e Investigación Educativa de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Publicó varios artículos científicos en revistas indexadas y libros. Fue profesor Titular Principal en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Fue Coordinador de la Carrera de Agropecuaria de la Facultad de Ciencias naturales y de la Agricultura en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Raquel Vera Velázquez

De nacionalidad cubana, Licenciada en Educación (matemáticas), de la Universidad de Ciencias Pedagógicas José de la Luz y Caballero de Holguín, Cuba. Máster en ciencias de la educación de la Universidad de Ciencias Pedagógicas Pepito Tey de Las Tunas. Profesor - investigador en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Tomás Fuentes Figueroa

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agropecuario de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; Ecuador. Magister en Gerencia Educativa, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. Profesor en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

Washington Narváez Campana

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Agrónomo Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Magister en Docencia Universitaria Investigación y Desarrollo, Universidad de Loja, Loja, Ecuador. Magister en Administración Ambiental, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Doctorado en Ciencias Pedagógicas, Universidad de Camagüey, Cuba. Profesor titular en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.

William Merchán García

De nacionalidad ecuatoriana, Ing. Industrial de la Universidad Estatal de Guayaquil; Ecuador, Ing. Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. Magíster en Finanzas y Comercio Internacional (MgFci), Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. Profesor en la Universidad Estatal del Sur de Manabí Ecuador.

compas
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-380-3



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compas
Grupo de capacitación e investigación pedagógica