

Claudia Gallardo - Silvia Tapia
Sebastián Agostini - Omar Daniel Medina

ZOOLOGÍA AGRÍCOLA

Los insectos: una mirada desde las Ciencias Agrarias

Primera Parte



ZOOLOGÍA AGRÍCOLA

Los insectos: una mirada desde las Ciencias Agrarias (Primera Parte)

ZOOLOGÍA AGRÍCOLA

Los insectos: una mirada desde las Ciencias Agrarias (Primera Parte)

Claudia Beatriz Gallardo

Silvia Norma Tapia

Sebastián Agostini

Omar Daniel Medina

Universidad Nacional de Jujuy

2022

Prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta publicación por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso expreso del Editor.

Zoología agraria los insectos : una mirada desde las ciencias agrarias primera parte /

Claudia Beatriz Gallardo ... [et al.]. - 1a ed. - San Salvador de Jujuy : Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy - EDIUNJU, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-721-606-0

1. Zoología. I. Gallardo, Claudia Beatriz.

CDD 590.7



Colección: *Libros de Cátedra*

Corrección y cuidado de edición: Silvina Campo

Diseño de interior: Edgardo Gutiérrez

Diseño de tapa: Matías Teruel

© 2022 Claudia Beatriz Gallardo, Silvia Norma Tapia, Sebastián Agostini y Omar Daniel Medina

© 2022 Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy

Avda. Bolivia 1685 - CP 4600

San Salvador de Jujuy - Pcia. de Jujuy - Argentina

<http://www.editorial.unju.edu.ar>

Tel. (0388) 4221511- e-mail: editorial@unju.edu.ar

2022 1ra. Edición

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

ÍNDICE	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
GENERALIDADES	13
Concepto	13
Extensión	14
Importancia económica	15
Relación con otras disciplinas	18
Concepto de Sanidad Vegetal	21
Nociones sobre Nomenclatura y Taxonomía Zoológica	21
Bibliografía	28
MORFOLOGÍA EXTERNA	31
Caracteres generales	31
Pared del cuerpo o tegumento: Exoesqueleto	34
Procesos tegumentarios	37
Funciones del tegumento	38
Coloración	39
Mimetismos	39
Segmentación del cuerpo	40
Bibliografía	63
APARATOS BUCALES	65
Importancia agrícola	66
Posición del Aparato bucal con respecto al eje del cuerpo	67
Aparato bucal de un insecto masticador tipo Ortóptero	69
Aparato bucal picador-suctor, tipo Hemíptero	76
Aparato bucal raspador-suctor o Raedor Thysanoptera "Trips"	81
Bibliografía	84
METAMORFOSIS	85
Período Embrional	88
Período Post-Embrional	92
Ciclo de vida o vital	109
Bibliografía	110

MORFOLOGÍA INTERNA	111
Introducción	111
Sistema digestivo	112
Sistema respiratorio	122
Sistema nervioso	131
Sistema muscular	144
Sistema glandular	149
Sistema circulatorio	159
Sistema reproductor	166
Bibliografía	174
NOCIONES DE ECOLOGÍA. TÉCNICAS DE MUESTREO	175
Conceptos básicos	179
Factores físicos del ecosistema	181
Climáticos	182
Suelo: condiciones físicas, químicas y biológicas	189
Factores bióticos o biológicos del ecosistema	190
Hospederos elegidos por los fitófagos	191
Regímenes alimentarios	194
Dinámica poblacional	198
Bibliografía	205
ANEXO I: Trofobiosis	209
ANEXO II: Hábitos alimentarios de los insectos	221
SOBRE LOS AUTORES	227

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, a nuestros alumnos, quienes fueron y son la inspiración para este nuevo desafío: un nuevo libro de la cátedra Zoología Agrícola 1, el cual tiene la finalidad de brindar en sus páginas contenidos actualizados que les permitan hacer más ameno el estudio de esta asignatura.

También, agradecemos a todos los profesores de la cátedra de Zoología Agrícola que nos precedieron porque ellos dejaron huellas imborrables, marcaron el camino y nos enseñaron a no perder de vista nunca el objetivo: los alumnos.

INTRODUCCIÓN

Nuestra experiencia como docentes de Zoología Agrícola nos permite valorar la importancia de esta obra *Zoología Agrícola. Los insectos: una mirada desde las ciencias agrarias*. Primera Parte, que consideramos indispensable, principalmente, para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica y, también, para quienes cursan carreras afines, egresados y docentes que quieran incursionar en el mundo de los insectos y su relación con los ecosistemas agrícolas y forestales.

El objetivo de este trabajo es ofrecerles una herramienta útil y complementaria a la *Guía de Trabajos Prácticos*, con un enfoque integral, claro y sencillo que les facilite la incorporación de conceptos básicos y el desarrollo de un nuevo y fascinante lenguaje zoológico. En estas páginas brindamos contenidos actualizados que les permitirán a los alumnos hacer más ameno el estudio de esta asignatura.

Esta publicación cuenta con una parte general de la materia, la que incluye seis temas: Generalidades. Nociones de nomenclatura y Taxonomía zoológica; Morfología externa; Aparatos bucales; Metamorfosis; Morfología interna; y Nociones de Ecología y Técnicas de muestreo. También hemos incluido dos Anexos, uno titulado: Trofobiosis, y el otro: Los Hábitos alimentarios de los insectos.

Los autores

GENERALIDADES

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Silvia Tapia

Ing. Agr. Omar Medina

Concepto

Zoología es la rama de las Ciencias Naturales que estudia los animales. Se divide en **Zoología Pura** y **Zoología Aplicada** según los fines puramente científicos.

La Zoología Pura considera al animal y al ambiente en el que este vive y se desarrolla. Comprende estudios de Morfología (Citología, Histología, Anatomía), Fisiología, Embriología, Etología, Ecología, Zoogeografía, Paleontología y Taxonomía, que estudian estructura, función, desarrollo, comportamiento, relaciones con los demás organismos, el medio físico, distribución geográfica, evolución a través del tiempo, y la clasificación y denominación de los animales.

La Zoología Aplicada se divide, según los medios en los que se puedan aprovechar sus conocimientos, en Zoología Médica que estudia la relación de los animales con el hombre, especialmente los que se comportan como parásitos; en Zoología Veterinaria, cuando se ocupa de los parásitos de los animales superiores; la Zoología Industrial dedicada al manejo de los parásitos que interfieren en procesos industriales o en sus productos; la Zoología Forestal a la que le interesan los organismos animales que afectan plantas de interés maderable y Zoología Agrícola, entre otras.

La Zoología Agrícola o Zoología Aplicada a la agricultura estudia a los animales dañinos que afectan directa o indirectamente a los cultivos y a sus productos en condiciones de almacenamiento. Esta disciplina también comprende a los benéficos que destruyen a los animales y plantas perjudiciales, considerándolos como colaboradores naturales.

Es suficiente nombrar como ejemplo de **daño directo** al causado por la langosta, insecto fitófago, cuyos estragos son universalmente conocidos. Al mencionar a los que causan **daño indirecto** nos referimos a todos los que actúan como vectores transmitiendo bacterias o virus: así el pulgón *Rhopalosiphum maidis*, cuyo nombre vulgar es el de “Pulgón verde del maíz” se le atribuye la transmisión del mosaico de la caña de azúcar, enfermedad provocada por un virus.

En cuanto a los organismos benéficos, no nos referimos a los que elaboran productos que el hombre utiliza (abeja o gusano de seda) sino a los que afectan y/o regulan a las especies dañinas, convirtiéndose en auxiliares del productor agrícola. Estos benéficos son: **parasitoides** como *Aphidius colemani* que se desarrolla a expensas del pulgón verde de los cereales; **predadores** como *Calosoma argentinensis* que se alimenta de larvas de lepidópteros, especialmente de la isoca de la alfalfa; **entomopatógenos** como *Bacillus thuringiensis* que enferma y causa la muerte a larvas de insectos dañinos; y finalmente **fitófagos** que destruyen malezas como *Cactoblastis cactorum*, lepidóptero que en estado larval se alimenta de cactáceas consideradas indeseables en ciertas áreas. Todos ellos juegan un rol importante en la determinación de los balances poblacionales de los organismos perjudiciales.

De allí que los conceptos dañino y benéficos están relacionados con su incidencia negativa o positiva en la economía del productor agrario. El estudio de los organismos útiles tiene gran importancia en el **control biológico** contra agentes dañinos a la agricultura.

Extensión

La materia comprende dos partes: una general que incluye el estudio de morfología, anatomía, fisiología, metamorfosis y ecología de los grupos zoológicos de interés agrícola, principalmente en las clases Insecta, Nemata y orden Acari; y otra parte aplicada que estudia a las diferentes especies en relación con los cultivos, daños que causan, su bioecología, métodos culturales y biológicos de control. De este modo, se facilita el conocimiento por caracteres afines de los agentes perjudiciales y benéficos y se asegura una visión global y de mayor utilidad desde el punto de vista agrícola al ordenarlos por cultivo.

A tal fin, el programa de la materia ha sido dividido en cuatro unidades con sus objetivos particulares; y, a su vez, cada unidad está integrada por uno o más temas:

Unidad 1. Generalidades y Nociones de Ecología (tema 1 y 2)

Incluye los apartados generales de la materia, en ella se da el concepto de extensión e importancia de la Zoología Agrícola, nociones de nomenclatura y principios de taxonomía y de ecología: comportamiento, relación fitófago - hospederos - enemigos naturales - condiciones ambientales - concepto de plaga - monitoreo.

Unidad 2. Taxones de Importancia Agrícola (temas 3 al 15)

Es la unidad más extensa del programa y en ella se incluye para su estudio, los Phyla: Arthropoda (Clase: Insecta, Arachnida y Crustacea); Mollusca (Clase: Gasteropoda); Nematoda (Clase: Nemata); Chordata (Clase: Aves y Mammalia).

Dada la importancia económica de la Clase Insecta, en el programa se incluye: morfología externa, morfología interna y fisiología, metamorfosis y órdenes en que se divide, considerándose, en cada uno, las especies de importancia relacionadas con los diferentes cultivos. Asimismo, se tratan los aspectos generales de los otros grupos, incluyendo las especies de mayor interés desde el punto de vista agrícola.

Unidad 3. Control Natural y Biológico (tema 16)

En esta unidad se dan las pautas para la preservación y el enriquecimiento de los ecosistemas.

Unidad 4. Plagas Principales de Cultivos y Productos Agrícolas Almacenados (temas 17 y 18)

Se efectúa, a modo de síntesis, un reordenamiento de las especies de mayor importancia económica de los principales cultivos para la región y de los productos agrícolas que se almacenan.

Importancia económica

La agricultura sufre mermas cuantiosas como consecuencia de la acción de plagas, cuya depreciación y consecuencias económicas no siempre son valoradas con exactitud.

La acción de los organismos de origen animal, insectos, ácaros, nematodos y roedores disminuyen los rendimientos agrícolas o destruyen las cosechas en almacenamiento, reduciendo considerablemente la disponibilidad de alimento, cuya necesidad va en continuo aumento. Sin embargo, en la actualidad se sabe que el hambre no responde de manera directa y proporcional a la tasa de producción mundial de alimentos (FAO, 2015). Esto último queda bien reflejado en el hecho de que, por ejemplo, en Argentina se producen alimentos para 10 veces su población y, sin embargo, entre uno y tres millones de argentinos sufren de hambre (Pardo, 2018); y en Latinoamérica, el número de hambrientos aumentó en el período 2015-2018 (FAO, 2018). Por lo que, en la actualidad, el hambre no es un problema de producción sino de acceso a los alimentos.

Debido a esto, desde la más remota antigüedad, el hombre inició la lucha contra las plagas y seguirá luchando. Ahora, visto y considerando las consecuencias de esta lucha química, deberá buscar alternativas amigables con el ambiente, además de escalables y económicas, ya que, los daños que causan los insectos son de gran importancia económica y fácilmente demostrables con solo mencionar algunos ejemplos, como los estragos causados por la langosta, sin contar los gastos que implican su control. Por mencionar otros ejemplos:

- En 1867, Francia sufrió la presencia del pulgón de la vid *Dactylospheera* (ex *Viteus*) *vitifoli* que destruyó en poco tiempo los viñedos existentes, uno de los mayores cultivos del país.
- La mosca de los frutos *Ceratitis capitata* que, para su erradicación, los americanos han gastado millones de dólares.
- Philips (1955) en Gallo *et al.* (1978) señala que, las pérdidas anuales de granos en depósitos que producen los gorgojos, carcomas, ácaros y ratones exceden el 10% de la producción mundial.
- Carvalho (1970) considera que *Spodoptera frugiperda* produce una pérdida del 20% en cultivos de maíz.
- Con carácter general, se ha estimado que las pérdidas originadas por las plagas varían entre el 8 y el 30% del valor de la producción.
- Estimaciones de distintos orígenes coinciden en que, en la actualidad, se pierde, como consecuencia de malezas, enfermedades

y organismos de origen animal, un tercio de la cosecha potencial en el mundo, repartiéndose por partes iguales dichas pérdidas. A estos valores cabe agregar los costos de las medidas de control.

- El Quintanilla, en 1978, expresa en las III Jornadas Fitosanitarias Argentinas, en base al cálculo de 9-10 tucuras por m², que estas ocasionan una merma del 50% en la receptividad de un campo, lo que produce una pérdida de 180.000 toneladas de carne. Asimismo, refiriéndose a la isoca de la alfalfa, estimó los daños en medio corte sobre 5.000.000 de hectáreas. Si se calcula el rendimiento en 15.000 kg/ha por corte, ello representa 37.500.000 t de forraje, o sea, 225.000 t de carne faenada.
- En 1984, en Australia, como resultado de las medidas de control adoptadas frente a la invasión de la langosta, se obtuvo un beneficio neto de 97 millones de dólares estadounidenses (Wright, 1986).
- La mosca del mediterráneo en EE. UU. si se estableciera, ocasionaría pérdidas del orden de 800 millones de dólares (USDA, 1995) y los insectos exóticos en el mismo país causan daños por 20.000 millones de dólares anuales (Pimentel *et al.*, 1998).

Muchas plagas son controladas merced a los avances en el campo científico y experimental de la Zoología Agrícola, Protección Vegetal y otras disciplinas relacionadas a la Sanidad Vegetal. Sin embargo, artrópodos no considerados plagas empezaron a serlo (como es el caso de los ácaros), nuevas enfermedades se propagaron y muchos insectos aumentaron su potencial biótico y número de generaciones anuales. Por ejemplo, en Brasil, en 1950, había ciento noventa plagas catalogadas (Paschoal, 1979). Hoy, hay más de cuatro mil (Machado y Machado Filho, 2016). En el NOA, *Faustinus cubae* (coleóptero que produce grandes pérdidas económicas en el cultivo de tabaco) pasó de tener una generación al año, en 1948, a tener tres generaciones anuales en 2008 (Muruaga *et al.*, 2014).

Según Bhushan (1985), las pérdidas producidas por la acción de los insectos se han duplicado del 7 al 13% desde 1940, a la fecha. La causa del aumento de las pérdidas de los cultivos no se debe a un solo factor. En la mayoría de los casos, varios factores constituyen la base ecológica

de los problemas de plagas. Machado y Machado Filho (2016) ordenan y explican, detalladamente, el origen del incremento de las pérdidas de cultivos (y la aparición de nuevas plagas) debido a artrópodos y otros organismos fitófagos. Inspirados en los estudios de Voisin (1957, 1971 y 1975), Chaboussou (1980), e investigaciones propias, muestran que las principales causas se basan en la utilización irracional de agroquímicos y en el manejo incorrecto del suelo, es decir, monocultivos, pérdida de materia orgánica, erosión y compactación del suelo, entre otras. Estas prácticas, además, trajeron y traen consecuencias negativas sobre el ambiente, como el Cambio Climático; proceso que acentúa aún más el efecto negativo de las plagas sobre los cultivos, ya que, los insectos responden al incremento de las temperaturas con un aumento en las tasas de desarrollo, en el potencial reproductivo, en la supervivencia durante el invierno y el número de generaciones anuales (De Lucia *et al.*, 2012).

Relación con otras disciplinas

La Zoología Agrícola está relacionada con otras disciplinas:

- **Botánica:** Los parásitos animales no se comportan de igual manera en presencia de plantas de distintas especies o de igual especie, pero de distinta variedad. Existe una estrecha relación, a tal punto que no es posible la vida de animales sin la de las plantas.
- **Fitopatología:** Una planta o cultivo puede presentar parásitos animales y/o vegetales. Muchos insectos, ácaros y nematodos, al alimentarse, abren puertas de entrada a parásitos como hongos y bacterias, o bien con el aparato bucal transmiten virus, comportándose como activos vectores de enfermedades criptogámicas, de bacterias o virosis. Por otro lado, muchos insectos inoculan saliva tóxica provocando necrosis o causando alteraciones fisiológicas que se manifiestan de modos diferentes. Los organismos participan asociándose y dando lugar a numerosas formas de interacción: nematodos y virosis, hongos o bacterias, ácaros y bacterias, pulgones y virosis, etc. Muchas veces, el organismo animal ejerce una acción incitadora o sinérgica, además de ser vector; o bien, él mismo provoca la alteración. Por ello, la

producción de una enfermedad en el vegetal es el resultado de una acción compleja de múltiples factores. En muchos casos, es necesario aplicar tratamientos compatibles que puedan reunirse en un solo tratamiento para controlar, por ejemplo, al mismo tiempo tanto a los parásitos animales como hongos o bacterias.

- **Ecología:** La relación con la Ecología se da a través de las interacciones entre los organismos que son plaga y sus enemigos naturales, sin olvidar el ambiente que los rodea, ya que este influye no solo sobre estos organismos, sino también sobre la planta hospedera.
- **Genética:** Debido a los diferentes grados de susceptibilidad que tienen las distintas variedades de una especie con respecto a las enfermedades y plagas, en el campo de la prevención existe el gran recurso de obtener variedades resistentes mediante la selección, cruzamiento o hibridación. De este modo, a través de la Genética y de la Fitotecnia se pueden obtener variedades o híbridos inmunes o resistentes a determinada plaga. Son numerosos los ejemplos de resultados exitosos referidos al mejoramiento de plantas cultivadas con el objeto de lograr resistencia: Variedades de tomate resistentes al ataque de nematodos; alfalfa resistente al pulgón verde; maíces amargos resistentes a la langosta; soja y maíz transgénicos resistentes a lepidópteros, etc.
- **Protección Vegetal:** Los organismos animales considerados plagas deben ser controlados ya sea por medios físicos, químicos, biológicos o por la combinación de ellos, mediante el control integrado, de modo tal de poder reducir los niveles de población de las especies perjudiciales a niveles en los que no causen daños económicos. Del control de plagas se ocupa la Protección Vegetal.
- **Edafología:** Según las características del suelo, los diferentes organismos pueden desarrollarse con mayor o menor éxito. Según sea su pH, grado de humedad, escasez o exceso de determinados elementos, textura, estructura, contenido de materia orgánica, alojará una fauna y una flora diferente en cantidad y en calidad de especies. Debemos considerar que hay especies de nematodos que

viven solo en el suelo, mientras otras, cumplen en él una parte de su ciclo. En ambos casos, el suelo como medio y sostén cumple un papel muy importante.

- **Climatología:** Todas las especies muestran, con respecto a los factores climáticos, límites de tolerancia máximo y mínimo entre los cuales pueden desarrollarse más o menos exitosamente. Los organismos pueden tener un margen amplio de tolerancia para un factor y estrecho para otro. Aquellos que poseen amplios márgenes de tolerancia, logran una mayor distribución geográfica. Un conocimiento acabado de las características climáticas de un lugar es fundamental cuando se planifica introducir en él enemigos naturales para implementar un programa de control biológico.
- **Legislación:** La Zoología Agrícola se relaciona con esta disciplina en lo que hace a las leyes promulgadas con el fin de evitar la propagación de plagas dentro del país y la introducción de especies perjudiciales que pueden provenir de otros países. Al respecto, debemos señalar la legislación vigente referente a las cuarentenas como así también numerosas leyes, decretos y disposiciones por los que se declaran “plaga” a determinadas especies por su carácter extensivo o invasor, o se obliga a inscribir los productos terapéuticos, etc.
- **Fisiología Vegetal:** La Fisiología Vegetal estudia el funcionamiento de las plantas y lo que sucede en su interior para que puedan vivir (Salisbury y Ross, 2000). De esta manera, cualquier reacción bioquímica que ocurra de manera anormal dentro de las células del vegetal puede reducir la capacidad natural que tienen las plantas para defenderse del ataque de insectos, ácaros, nematodos, microorganismos patógenos, entre otros. Por este motivo, el estudio de la relación Fisiología Vegetal - Fisiología de los Insectos constituye un pilar fundamental para una agricultura sustentable, y es explicada por la teoría de la Trofobiosis de Chaboussou (1980). Para más información, ver Anexo I: Trofobiosis.

Concepto de Sanidad Vegetal

El conjunto de disciplinas tendientes a lograr en común un cultivo sano, es decir libre de elementos de competencia, sean estos insectos, ácaros, nematodos, hongos, bacterias, virus o malezas, causantes de daños directos o indirectos, en equilibrio con el ambiente, constituye la Sanidad Vegetal.

A su vez, resulta interesante mencionar que la Zoología Agrícola puede hacer uso de herramientas tecnológicas actualmente disponibles que pueden mejorar su investigación y estudio, por ejemplo: teledetección, biología molecular, informática, etc.

Nociones sobre nomenclatura y taxonomía zoológica

El hombre llevado por la necesidad de conocer el mundo comenzó a nominar a los seres vivos para identificarlos, iniciándose la nomenclatura de carácter popular, sin ninguna regla que la dirigiera y con una serie de fallas e inconvenientes. Es así como el hombre primitivo fue capaz de reconocer la fauna local, agrupando los animales semejantes, observando las características que separan a esos grupos de otros y dando, a cada animal diferente, un nombre con el que se lo conocía en la región y que constituye el nombre común.

Con el descubrimiento de nuevas tierras, el número de animales desconocidos aumentó considerablemente, surgiendo nuevos problemas. Un mismo animal podía tener varios nombres regionales: **polinomia**, causada por el uso de diferentes idiomas. Varios animales diferentes podían tener un mismo nombre: **poliontia**; o ningún nombre: **anomia**, por escapar al conocimiento u observación, generalmente, por su pequeñez.

Una primera reacción frente al problema de la anomia fue la aparición de los **nombres librescos**, que no tienen ni uso ni origen popular y que tampoco se ajustan a las reglas de la nomenclatura.

Estos nombres usados por diferentes autores se han divulgado y han llegado a ser populares, pero tanto los nombres populares legítimos como los populares librescos solo tienen valor local.

El extraordinario número de especies de animales conocidos asciende a más de un millón, lo que determinó la necesidad de ordenarlos en grupos,

adoptando un método sistemático para designar y registrar las especies conocidas.

La **Taxonomía** o **Sistemática** es la ciencia encargada de clasificar a los animales y plantas, y de asignarles el nombre apropiado a los mismos.

El término **Taxonomía** proviene del griego *Taxis*, que significa ordenar, y *nomos*, ley; es decir ley creada para ordenar.

La Taxonomía se fundamenta en disciplinas tales como la morfología, ecología, fisiología y genética para alcanzar los objetivos. Es una ciencia básica, pues sea cual fuere el campo estudiado por el zoólogo, su primera preocupación será el conocimiento del nombre del organismo con el cual trabaja, a fin de consultar la literatura existente sobre el animal de su interés. Es una ciencia tan antigua como el hombre, pero fue Aristóteles (380 a. C.) el primero en preocuparse por una clasificación racional de los organismos. Dicho filósofo afirmaba que los animales podían ser clasificados según sus partes corporales y modo de vida.

Desde el punto de vista científico, se toma como punto de partida de la Taxonomía o Sistemática la décima edición del *Systema Naturae* del naturalista sueco Carl Von Linne de 1758. En dicha obra se fija, por primera vez, el concepto de especie y se establece la categoría de género, concretando así la nomenclatura binaria expresada en forma binomial y se da en ella un sistema lógico y completo para el mundo natural.

Linne solo conoció 4.400 especies de animales. Luego, con el progreso de la investigación anatómica, morfológica y biológica, se han ampliado fundamentalmente las categorías, tanto generales como particulares, pero sigue en pie lo que se refiere a la estructuración, al régimen de subordinación de unas categorías a otras, al fundamento: **especie**, y a su forma de expresión: **nomenclatura binomial**.

A la **Sistemática** la podemos definir como la más amplia y general y, al mismo tiempo, como la más concreta y particular de las partes de la Zoología; la más concreta, porque mientras un animal no haya sido diagnosticado, definido o denominado, no tiene existencia científica; la más amplia y general porque en los más variados aspectos que asume la Zoología, morfología, biología, genética, ecología, etc., se está siempre contribuyendo

al mejoramiento y ampliación del cuadro taxonómico, aún en el caso de que el investigador esté ajeno a toda preocupación sistemática.

Queda establecido que la finalidad de la sistemática es el ordenamiento en un esquema natural y lógico de los elementos o fenómenos con que se trabaja, dispuestos en categorías subordinadas unas a otras.

El provechoso y fundamental trabajo de los taxonomistas se basa en dos métodos: el de los sistemas naturales, que se apoya en datos filogénicos, ontogénicos y cronológicos, y el de las clasificaciones artificiales establecidas en base a caracteres más o menos constantes de órganos especiales.

La unidad zoológica se conoce con el nombre de **especie** y la constituyen los grupos de individuos que se parecen mucho entre sí y cuyos descendientes tienen análogos características y semejanzas, conocidas con el nombre de **caracteres específicos**.

Si bien estos caracteres son apreciables y constantes en algunas especies superiores, se presta a confusiones y sorpresas cuando se trata de organizaciones elementales y primitivas, en las que las separaciones de las especies parecen más arbitrarias que reales, o en lapsos cortos se modifican profundamente por causas ecológicas. En estos casos, los taxónomos crean **sub-especies, variedades o razas**.

Las sub-especies deben ser definidas sobre una base geográfica. En efecto, muchas especies se adaptan a vivir en diferentes climas y condiciones de vida, lo que trae como consecuencia ligeras modificaciones en sus caracteres que terminan por fijarse o hacerse hereditarias. De este modo, dentro de la especie aparecen formas locales o regionales, que técnicamente se llaman sub-especies o razas geográficas.

Las **razas biológicas** o fisiológicas son formas caracterizadas por diferencias de ese tipo y se mantienen separadas, aunque a veces producen cruzamientos. Las razas fisiológicas tienen mucha importancia en el Control Biológico.

La categoría **variedad** solo se utiliza para denominar las formas que se presentan juntas dentro del mismo grupo geográfico. Las especies se reúnen en grupos que tienen caracteres comunes llamados genéricos y a este conjunto se denomina **género**. Los géneros se agrupan, a su vez, formando **sub-familias, familias o superfamilias**.

El conjunto de superfamilias afines constituye los **órdenes** y estos se agrupan en clases que a su vez forman ramas que se unen al tronco común del **Reino Animal**.

Cuando los órdenes, clases y ramas son demasiado numerosos, se dividen también en sub-órdenes, sub-clases o sub-ramas.

La fauna conocida del mundo es tan numerosa que, a fin de ser estudiada, debe agruparse y denominarse según reglas fijas de **nomenclatura zoológica** establecida a partir del Congreso Internacional de Zoología realizado en Mónaco, en 1913, y modificaciones posteriores.

El término **nomenclatura** proviene del latín y significa: conjunto de voces técnicas propias de una ciencia. La nomenclatura está fundada en cuatro principios generales:

- La nomenclatura es uninominal para los géneros, binomial para las especies y trinomial para las sub-especies.
- Cada especie tiene un solo nombre válido
- El nombre válido corresponde a una sola especie repudiándose los sinónimos y homónimos posteriores.
- Son independientes las nomenclaturas botánica y zoológica.

Analizando cada uno de estos principios, el primero establece que para designar un género se usa una sola palabra que se escribe con mayúscula y cursiva. Ej.: *Atta*.

Para designar a una especie, deben emplearse dos palabras, con no más de cinco sílabas cada una. La primera corresponde al nombre genérico y la segunda al nombre trivial, específico. Esta última se escribe con minúscula y cursiva aun cuando derive de un nombre propio. Ej.: *Atta sexdens*.

Cuando se considera necesario crear una sub-especie o variedad, al nombre específico se agrega el trivial subespecífico sin ningún signo de puntuación. Ej.: *Atta sexdens rubropilosa*.

El segundo principio es claro. Si después de la primera publicación referida, una especie fuera, por desconocimiento, nuevamente redescubierta y dicha especie, por lo tanto, tuviera dos nombres, solo uno de ellos es válido.

El tercer principio es conocido como ley de prioridad o propiedad intelectual, el cual establece que el nombre válido es el primero que se ha dado, repudiándose los posteriores. Por ello, el apellido de su autor debe seguir al de género y especie o variedad, sin interponer ningún signo de puntuación. Solo para los especialistas es conveniente consignar la fecha de la descripción primitiva u original. Ej.: *Meloidogyne incognita* (Chitwood, 1949).

Si posteriormente a la descripción primitiva, otro autor publicara por ignorancia otra descripción con nuevo nombre de género o especie, este caerá en sinonimia y no será válido.

En función del cuarto principio, se recomienda que no se utilicen en zoología nombres genéricos ya usados en botánica; pero dado que la nomenclatura zoológica y la botánica son independientes, el nombre de un animal no se rechaza solamente por ser idéntico al nombre de una planta. Cuando es conveniente aclarar el nombre de sub-género, este se escribe entre paréntesis a continuación del género. Ej.: *Cydia (Laspeyresia) molesta*.

La creación de un nuevo género, o el mejor conocimiento de los antiguos, obliga a los especialistas a cambiar de ubicación taxonómica a una especie. Por ejemplo: *Taxoptera graminum Rondani* fue trasladado al género *Schizaphis* y, en este caso, el nombre de la especie se consigna: *Schizaphis graminum (Rondani) Blanchard*. El autor corregido va entre paréntesis.

Todas las especies nuevas se publican en revistas científicas especializadas y son registradas en publicaciones especializadas, como el *Zoological Record* y el *Bulletin of Zoological Nomenclature*, donde también se consignan las correcciones y sinonimias. Iguales registros se verifican en el *Bulletin de la Societéé Zoologic de France*, *Zoologischer Anzeiger de Alemania* y *Monitore Zoológico de Italia*.

Para que la diagnosis o descripción de una especie nueva sea válida deben consignarse cuidadosamente sus diferencias con las afines o próximas conocidas, utilizando la terminología técnica particular creada para cada grupo. Además de la descripción deben citarse la localidad y la fecha en que la especie fue encontrada, el nombre del coleccionista, como los datos ecológicos que hubieran podido reunirse sobre la misma.

El ejemplar sobre el que se realizaron los estudios taxonómicos se guarda en las grandes colecciones de museos de Ciencias Naturales, con el nombre de **holotipo** acompañado por el ejemplar de sexo opuesto, el **alotipo**, y ejemplares repetidos o **paratipos**.

Para resumir, siguiendo los conocimientos de Taxonomía y la nomenclatura, la ubicación del “pulgón verde de los cereales” sería la siguiente:

REINO:	Animal
SUBREINO:	Metazoos
RAMA:	Eumetazoos
PHYLUM:	Artrópodos
CLASE:	Hexápodos o Insectos
SUBCLASE:	Pterigotos
SUPERORDEN:	Rincotos
ORDEN:	Hemípteros
SUBORDEN:	Sternorrhyncha
SUPERFAMILIA:	Afidoideos
FAMILIA:	Afididae
SUBFAMILIA:	Afinidos
GÉNERO:	<i>Schizaphis</i>
ESPECIE:	<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani)
	Blanchard

Cuadro N° 1. Clasificación del Reino Animal.

SUBREINO	PHYLUM	SUBPHYLUM	CLASE
Metazoos (= Metazoarios)	Asquelmintos		Nematodos
	Moluscos		Gasterópodos
	Artrópodos	Quelicerados	Arácnidos
		Mandibulados	Crustáceos
			Insectos (= Hexápodos)
	Cordados	Gnatostomados	Aves
			Mamíferos

Fuente: Quintana de Quinteros, 2017.

Se mencionan, únicamente, las categorías Zoológicas con representantes de mayor interés agrícola.

Bibliografía

Citada

BLUSHÁN, M. (1985). *Handbook of Natural Pesticides*. Editorial: CRC Press.

CARVALHO, R. P. L. (1970). *Daños y fluctuación poblacional, control y comportamiento de Spodoptera frugiperda y susceptibilidad de diferentes genotipos de maíz en condiciones de campo*. Tesis doctoral. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, Brasil.

CHABOUSSOU, F. (1980). *Les plantes malades des pesticides*. París, Francia: Editorial Utovie.

CHITWOOD, B. G. (1949). "Root-knot nematodes I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887". *Proc. Helinth. Soc.* 16.90-104.

DE LUCIA, E. H.; NABITY, P. D.; ZABALA, J. A.; BERENBAUM, M. R. (2012). "Climate Change: Resetting Plant-Insect Interactions". *American Society of Plant Biologisti*. Published in Plant Physiology. ID 22972704.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Informe resumido.

FAO, OPS, WFP y UNICEF. (2018). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Santiago. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P.; BATISTA, G. C.; BERTHI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. y VENDRAMIN, J. D. (1978). *Manual de Entomología Agrícola*. Sao Paulo: Edit. Agron. Ceres Ltda.

MACHADO, L. C. P. y MACHADO, L. C. (h) P. (2016). *La Dialéctica de la Agroecología. Contribución para un mundo con alimentos sin veneno*. (1.^{ra} ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferio Sur.

MURUAGA DE L'ARGENTIER, L. S.; GALLARDO, C.; QUINTANA DE QUINTEROS, S. y VILTE, H. (2014). "Redescripción y estudio generacional de *Faustinus cubae* (Boheman, 1844 Coleóptera: Culrculionidae) en el cultivo de Tabaco Virginia de la provincia de Jujuy". *Revista Científica Agraria*. FCA-UNJu.

PARDO, D. (2018). "Por qué hay hambre en Argentina si se produce comida para 440 millones de personas (10 veces su población)". *BBC Noticias, Argentina*. Consultado en <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-45303359>.

PASCHOAL, A. D. (1979). *Pragas, praguicidas & crise ambiental, problemas e soluções*. Rio de Janeiro: FGV, xi + 102 p.

PIMENTEL, D.; LACH, L.; ZÚÑIGA, R. y MORRISON, D. (1998). *Environmental and Economic cost associated with norm indigenous species in the United States*. Ithaca, EE.UU. Cornell University.

QUINTANA DE QUINTEROS, S. L. (2002). *Plagas Forestales en Plantaciones con Destino Industrial. Coníferas y Eucaliptus*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

----- (2017). *Nomenclatura Zoológica*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

QUINTANILLA, R. (1978). *III Jornadas Fitosanitarias Argentinas*. Conferencia. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.

SALISBURY, F. B. y ROSS, C. W. (2000). *Fisiología de las Plantas 1. Células: agua, solución y superficies*. España: Thomson Editores.

VOISIN, A. M. (1957). *Productividad de la hierba*. Madrid, España: Editorial Tecnos, S. A.

----- (1971). *Suelo, Hierba, Cáncer*. (3.^{ra} reimpresión). Madrid, España: Editorial Tecnos, S. A. Dep. Legal: M-5661.

----- (1975). *Las leyes científicas en la aplicación de los abonos* (2.^{da} reimpresión). España: Editorial Tecnos, S. A.

WRIGHT, D. E. (1986). "Economic assessment on actual and potential damage to crops caused by the 1984 locust plague in South Eastern Australia". *Journal of Environmental Management*, 23. 293-308.

Consultada

ÁVILA, E. (1982). *Apuntes Zoología Agrícola N° 3*. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

BOLETÍN FITOSANITARIO. (1960). *Las Plagas, su significado económico*. Serie Divulgación, N° 14. Buenos Aires: Santillán y Cía.

COSTA, J. J.; MARGHERITIS, A. E. y MARISCO, O. J. (1974). *Introducción a la Terapéutica Vegetal*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.

DE SANTIS, I. (1975). *Apuntes de Taxonomía*. Centro de Estudiantes de Ingeniería. UNJu.

MACHADO, L. C. P. (2016). *Pastoreo Racional Voisin. Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio*. (1.ª ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferio Sur.

PRIMAVESI, A. (2009). *El Suelo Tropical*. Instituto Universitario Latinoamericano de Agroecología Paulo Freire - Carretera Vieja, troncal 5, Sector La Marqueseña, Parroquia Rodríguez Domínguez, Municipio Alberto Arvelo Torrealba, Estado Barinas.

USDA (1995). *Economic feasibility of eradicating carambola fruit fly (*Bractocera carambolae*) from South America*. Washington D.C.

MORFOLOGÍA EXTERNA

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Claudia Gallardo

Caracteres generales

Los insectos pertenecen al gran Phylum de los animales con patas articuladas: Artrópodos. Dentro de este Phylum, los insectos se caracterizan por poseer el cuerpo dividido en tres regiones o secciones: cabeza, tórax y abdomen, y poseer tres pares de patas.

El término insecto proviene del latín "*insectum*", que significa en secciones, cumpliendo, cada una, funciones específicas.

Todos los insectos pertenecen a la clase Insecta o Hexápoda, en razón de poseer tres pares de patas. La cabeza lleva un par de ojos y de antenas, y tres pares de piezas bucales. El tórax, compuesto de tres segmentos, lleva cada uno un par de patas y muchos, en el segundo y tercer segmento, llevan un par de alas cada uno; y el abdomen está formado por un número variable de urómeros, de cuatro a doce según las especies. Poseen un exoesqueleto quitinizado que procura la protección de los órganos vitales.

Constituyen el grupo animal más numeroso y variado, estimándose en más de un millón el número de especies conocidas. Se calcula que solo se han identificado los dos tercios del total de especies existentes.

Algunas razones por las que han alcanzado tal número de especies y son dominantes, con respecto a otros grupos, son las siguientes:

1. **Presencia de un exoesqueleto.** Con él, los insectos logran un gran control de la evaporación y una gran protección de los órganos vitales.
2. **Potencial biótico.** Los insectos poseen, en general, un alto poder reproductivo y gran capacidad de sobrevivencia, es decir, de procurarse protección y alimentos necesarios.

3. **Disponibilidad de alas.** Estos apéndices los facultan para desplazarse con rapidez, aumentando las probabilidades de supervivencia y dispersión. Con ellas se posibilita el acceso a nuevas áreas de alimentación y se proporciona un medio más para eludir a sus enemigos.
4. **Tamaño reducido.** En general, los insectos son pequeños, característica que les permite desarrollarse en espacios también reducidos y con pequeñas cantidades de alimento, incrementándose además la capacidad de ocultarse.
5. **Metamorfosis completa.** Esto implica los cambios de forma por los que pasan muchos insectos desde que nacen hasta que alcanzan su estado adulto, permitiéndoles vivir en ambientes completamente diferentes, aprovechando en cada una de las etapas, las condiciones más favorables, de acuerdo a las necesidades.
6. **Adaptabilidad de los órganos.** Algunas estructuras se adaptan a funcionar en condiciones de hábitat completamente diferentes como son el terrestre y el acuático. En otros casos, el mismo órgano se adapta para cumplir distintas funciones, tal es el caso de patas que cumplen funciones en el proceso de alimentación.
7. **Gran capacidad sensorial.** Los insectos son uno de los animales que poseen un mejor y más sofisticado sistema de órganos sensoriales (Montés, 2013). Su increíble conjunto de órganos sensoriales y su gran capacidad de responder a los estímulos externos les permite identificar, a gran distancia, a su pareja, refugios, lugares de oviposición y fuentes de alimento más convenientes (Ramírez Casallasas *et al.*, 2013; Montés, 2013). En este último caso, los insectos fitófagos tienen la facultad de detectar una planta desequilibrada en medio de una plantación llena de individuos de una misma especie y variedad. Las hormigas cortadoras ilustran muy bien estos casos: recorren kilómetros en medio de una plantación de frutales para “atacar” un árbol (Rivera Restrepo, 2000).

Los insectos presentan una gran variación con respecto al tamaño, no obstante esto, la mayoría son pequeños, ya que miden apenas entre 0,5 y 1

centímetro, en general. Hay especies de menos de 1 milímetro, como algunos parásitos de huevos de otros insectos y especies de hasta 25 centímetros de longitud (algunos Fasmidos “bicho palo”) o hasta 28 centímetros de envergadura alar (*Thysania agrippina*, mariposa presente en el noroeste argentino).

Estos organismos se han adaptado a las más variadas condiciones de vida. Así es como se encuentran algunas especies en profundas cavernas subterráneas o se ha capturado una termita a más de 5000 metros de altura. Unas 40 especies viven en la Antártida, y otras, próximas al Polo Norte, mientras haya plantas que florezcan. Abundan insectos en los desiertos más áridos y algunos viven sobre la superficie del océano o en pantanos.

Los hexápodos logran sobrevivir a largos periodos sin agua o viven en ambientes muy secos -harinas, por ejemplo- gracias a que son capaces de conseguir este elemento al quemar reservas como los hidratos de carbono, descomponiéndolos en H_2O y en CO_2 que se elimina conservando el agua metabólica.

La fuerza física es extraordinaria: por ejemplo, una hormiga es capaz de levantar una piedra de 50 veces su propio peso. La musculatura es sumamente resistente a la fatiga: por ejemplo, una mosca de los frutos puede volar continuamente por seis horas y una langosta, nueve horas.

Se alimentan de materia orgánica viva o muerta. Hay insectos saprófagos, necrófagos, geófagos, zoófagos, fitófagos, etc. En los dos últimos casos, pueden comportarse como ecto o endoparásitos, pudiendo ser específicos o polífagos. Algunos son transmisores de enfermedades, portadores de nematodos, protozoarios, bacterias o virus.

Desde el punto de vista económicos, algunos insectos elaboran productos que son de gran interés comercial, como la cera, seda natural o miel; producen lacas o colorantes; intervienen activamente en la polinización de diferentes especies vegetales o destruyen organismos perjudiciales, tanto vegetales -malezas-, como animales dañinos; condición que es aprovechada en el Control Biológico.

Desde el punto de vista agrícola nos interesan los fitófagos, tanto los que dañan cultivos como los que destruyen malezas, y también los parasitoides y los predadores.

Los daños que ocasionan los fitófagos a las plantas pueden ser directos o indirectos. Entre los primeros, podemos mencionar el corte y desgarro o perforación de trozos de tejidos vegetales, el minado o construcción de galerías en el interior de diferentes órganos, las deformaciones o engrosamientos y la formación de agallas, el manchado de órganos, etc.

Los daños indirectos son causados principalmente por insectos que, para alimentarse, introducen sus cerdas bucales en los tejidos vegetales transmitiendo, a través de ellos, virus, bacterias, hongos u otros microorganismos, causantes de importantes enfermedades.

Los parasitoides de interés agrícola son aquellos insectos que se desarrollan sobre o en el interior de otros insectos que son perjudiciales para un cultivo o cosecha, causándoles la muerte. El parasitoide solo destruye un individuo. Los predadores, en cambio, son zoófagos que necesitan devorar muchas presas durante su vida.

Pared del cuerpo o tegumento: exoesqueleto

El tegumento es la capa superficial del ectodermo que rodea al cuerpo y a los apéndices, y tapiza la cavidad bucal, el intestino anterior y posterior, las tráqueas, los conductos de los órganos genitales y de las glándulas superficiales.

La pared del cuerpo es un tejido duro, rígido, inextensible, pero con suturas, y se halla formando placas o escleritos; entre los escleritos la pared del cuerpo es blanda, membranosa y flexible pero inelástica.

Está constituido por la hipodermis y la cutícula. La **hipodermis** es una única capa de células, debajo de la cual se halla la membrana basal, que la separa de la cavidad general del cuerpo. Las células hipodérmicas constituyen la fuente de secreción de las capas exteriores de la cutícula y el fluido de las mudas.

La **cutícula** está formada por varias capas y está atravesada por poros. La capa más interna, endocutícula, es blanda, incolora y flexible; luego, la exocutícula rígida y de coloración que varía entre el ámbar y el negro; y por encima de esta, la epicutícula, que es la capa protectora más delgada y superficial del cuerpo, incolora o ambarina.

Su textura varía entre lisa o rugosa. A menudo presenta espinas y está perforada por cerdas sensitivas y salidas de las glándulas. El componente de la cutícula mejor conocido es la quitina, polisacárido nitrogenado que se presenta en forma de cristales submicroscópicos alineados formando fibrillas. La quitina es insoluble en agua, alcohol, álcalis, ácidos, ácidos diluidos y solventes orgánicos.

En un principio se consideró que la quitina era la responsable de otorgar la rigidez al exoesqueleto, pero investigaciones posteriores demostraron que, en la cutícula externa que es dura, hay más proteínas; mientras que, en la interna, más blanda, hay más quitina.

La cutícula no es un tejido muerto, contiene restos de citoplasmas que llegan hasta la superficie y recuerda a la estructura del hueso. El carácter viviente de la cutícula se pone de manifiesto bajo la acción de ciertos factores humorales transportados por los nervios, por lo que se hace flexible y elástica después de que el animal ha comido. Por otro lado, una hormona procedente del sistema nervioso controla su dureza y oscurecimiento después de la muda.

En la endocutícula apenas se proporciona la flexibilidad, los cristales de quitina se alinean formando fibrillas que tienden a orientarse en una misma dirección.

En la exocutícula, capa responsable de la rigidez, el componente proteico se convierte en una sustancia cornea denominada esclerotina que es pigmentada. La proteína de la cutícula que se transforma en esclerotina se llama artropodina, sustancia elástica en la que las cadenas proteicas están unidas en una red tridimensional formando un caucho perfecto. Entre las láminas quitinosas puede depositarse resilina, proporcionando elasticidad a la cutícula. En las rótulas elásticas, en la base de las alas y en los tendones elásticos de los músculos, la resilina se encuentra en estado puro.

La epicutícula, capa de una a dos micras de espesor, proporciona la impermeabilidad de la cutícula evitando la pérdida de agua por evaporación. Está constituida por una lipoproteína polimerizada, llamada cuticulina y carece de quitina.

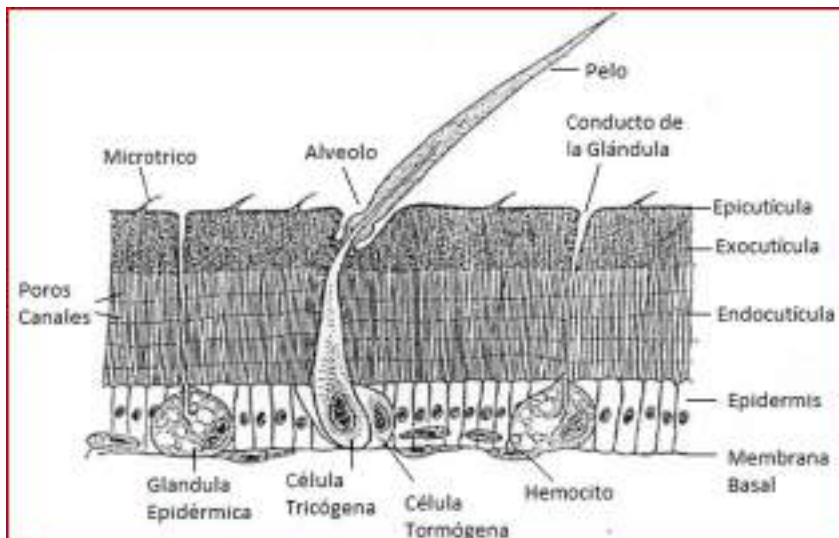
Cuando se forma la epicutícula por primera vez, está bordada por poros-canales, desde donde vierte a la superficie una secreción viscosa.

Inmediatamente, antes de la muda, una capa cristalina de cera se extiende sobre dicha secreción, sirviendo de impermeabilizante a la cutícula y, finalmente, en el momento de la muda o un poco después, las glándulas dérmicas vierten una capa cementosa que se extiende sobre la cera.

Como el tegumento no es elástico y el insecto tiene que crecer porque sigue alimentándose, se produce el fenómeno de muda o ecdisis. En general ocurren entre cuatro y siete mudas; pero, antes de mudar se produce internamente un nuevo exoesqueleto blando y el viejo se desprende del animal, se abre dorsalmente, y el insecto lo abandona. Luego se extiende cuando el insecto ingiere aire o agua y pronto la nueva cubierta se endurece y oscurece.

El tegumento no es rígido en toda su extensión. Las zonas endurecidas forman una serie de placas o escleritos que se unen a través de un surco o sutura. La unión de escleritos forman somitos y, entre los somitos, la pared es blanda o membranosa, lo que permite al artrópodo la realización de diversos tipos de movimientos.

Figura N° 1. Sección de la cutícula del tegumento.



Fuente: Bonnemaïson, 1964.

Procesos tegumentarios

La cutícula normalmente posee procesos o crecimientos de diversa forma y origen que se clasifican en dos grupos: celulares y no celulares.

Procesos celulares

Los procesos celulares se pueden clasificar en uni o pluricelulares:

- **Procesos unicelulares:** Son proyecciones del tegumento generalmente filiformes que poseen cierta movilidad. Entre ellos, los más comunes son las setas o sedas originadas en células llamadas tricógenas. Las setas pueden ser simples, plumosas, espatuladas, clavadas, etc.; hallarse aisladas o estar agrupadas. La forma, estructura y disposición dependen de la función que cumplen: setas sensitivas (conectadas con células nerviosas) ya sean táctiles, gustativas, olfativas, etc.; setas o pelos glandulares que segregan sustancias odoríferas para atracción sexual, o bien sustancias urticantes que descargan líquidos cáusticos cumpliendo funciones defensivas. También se hallan setas que cumplen funciones de protección mecánica, o de limpieza.

Las escamas son pelos aplanados que cubren el cuerpo de numerosos insectos, principalmente de Lepidópteros, y al igual que las setas se originan en una célula tricógenas. Pueden tener diferentes formas: espatuladas, elípticas, palmadas, etc., y sus bordes pueden ser lisos o recortados.

- **Procesos pluricelulares:** Están formados por un gran número de células hipodérmicas y, en general, se presentan aguzados o ligeramente curvados. Algunos son rígidos como espinas y procesos córneos de cabeza y tórax, y otros son móviles o articulados como espolones o espuelas.

Procesos no celulares

Son simples excrecencias de la cutícula, rígidas, entre las que se encuentran las microtriquias, pelos pequeños que se hallan en las alas de los insectos como Díptera y Mecóptera; nódulos y pequeños tubérculos, espículas, etc.

Además de los procesos señalados, existen en el tegumento, glándulas dérmicas y órganos receptores de estímulos de diferente forma que serán analizados en detalle en el capítulo correspondiente a **Morfología Interna**.

Funciones del tegumento

- **Protege los órganos internos:** El exoesqueleto les da protección a los órganos internos frente a posibles daños mecánicos; impide la rápida deshidratación en condiciones de alta temperatura y baja humedad; constituye una barrera efectiva frente a hongos y bacterias por sus propiedades antibióticas. Por su impermeabilidad, impide el mojado y absorción de sustancias que pueden resultarle perjudiciales.
- **Suministra puntos de inserción a los músculos:** En los apodemas, áreas internas que se forman por invaginación en la pared del cuerpo, se insertan diferentes músculos que intervienen en la locomoción, en el movimiento de somitos y escleritos.
- **Forma palancas y puntos de apoyo entre las partes móviles:** Esto le da cierta ventaja sobre el endoesqueleto óseo de los vertebrados, pues proporcionan un área mucho más grande para la adherencia de los músculos y mayores posibilidades para la acción de palancas muy efectivas.
- **Recepciona los estímulos externos:** Gracias a la presencia de órganos receptores ubicados en el tegumento y conectados con células nerviosas, los insectos pueden reaccionar frente a diferentes estímulos.
- **Constituye un centro de actividad biológica:** Determinadas áreas de la pared del cuerpo constituyen el lugar de entrada de insecticidas de contacto, debiendo para ello atravesar la cutícula. De allí surge la necesidad de su liposolubilidad o que pueda mezclarse con gases y ceras.

Coloración

Existen dos tipos básicos de coloración en los insectos: pigmentaria y estructural.

La primera, es decir la **pigmentaria**, se debe a que la cutícula, hipodermis, hemolinfa y grasas del cuerpo están coloreadas. El pigmento más común de los insectos es la melanina, responsable de la coloración oscura de la cutícula después de la muda.

Las pterinas constituyen el grupo más numeroso de pigmentos, hallándose combinados en muchos casos. Las pterinas están relacionadas con las purinas y es posible que ellas se formen como producto de excreciones. Pueden ser blancas (leucopterina), amarillas (xanthopterina) o rojas (eritropterina).

Ciertas especies de Coccidae, como la “Cochinilla”, contienen sustancias como las polihidroxiantroquinonas, un ejemplo de ello es el ácido carmínico que les confiere color rojo.

Muchos pigmentos son obtenidos de las plantas alimenticias, un ejemplo de esto son los carotenoides o la clorofila, que fácilmente son incorporados por los insectos al alimentarse, encontrándose los mismos en el tracto digestivo o en la hemolinfa.

Cuando los pigmentos se hallan localizados en la hipodermis -parte más activa y profunda del tegumento- o en la hemolinfa y el insecto muere, desaparece el color original.

La coloración **estructural** se debe a varios rasgos estructurales de la cutícula, los cuales interfieren o producen difracción de la luz reflejada por la pared. Se trata de una pigmentación puramente física, ya que los diferentes colores, siempre de tipo metálico o iridiscente, son producidos por múltiples películas separadas por material de diferente índice de refracción.

Mimetismos

Es la capacidad que presentan ciertos insectos para camuflarse de diferentes formas, para parecerse a otros o pasar inadvertidos en el medio que habitan. Por esta característica, algunos imitan excrementos, ramitas y hojas que otras especies no comen porque tienen mal sabor o porque poseen

aguijones con los que inyectan veneno. Las coloraciones estructurales pueden ser modificadas a voluntad teniendo en cuenta la fuente de luz o el movimiento de los pelos o escamas, alterando superficie y espacio, de manera que pueden presentar un aspecto diferente.

A veces, el mimetismo es por color y forma al mismo tiempo, es decir, por homocromía y homomorfía. Un ejemplo de eso es el bicho palo (forma de rama y color marrón).

Algunos insectos mimetizan para engañar a sus enemigos con aspectos terroríficos o para aprovecharse del trabajo ajeno, o para atraer a sus víctimas y de ese modo facilitar la captura de una presa.

Segmentación del cuerpo

El cuerpo del insecto se divide en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen, cumpliendo cada una de ellas, funciones específicas.

La cabeza se halla en la región anterior del cuerpo. Normalmente es una cápsula o caja con una porción superior esclerosada que contiene el cerebro y un suelo membranoso en el cual está situada la abertura oral o boca. En ella se encuentran un par de ojos compuestos y hasta tres ojos simples, un par de antenas y las piezas bucales. Tiene como función principal, localizar y tomar el alimento.

El tórax es la región intermedia del cuerpo que sigue a la cabeza y es trisegmentado. En él se distingue el protórax, el mesotórax y el metatórax. Cada uno lleva un par de patas articuladas, y los dos últimos -meso y metatórax- un par de alas, cuando los mismos están presentes. Cumple, por lo tanto, funciones locomotoras.

El abdomen es la última porción del cuerpo. Está compuesto normalmente por once segmentos; no lleva patas, pero contiene a todos los órganos reproductivos. La función fundamental está relacionada con la reproducción.

En los insectos primitivos carentes de alas y en los que sufrieron regresión morfológica por parasitismo, resulta difícil distinguir las tres regiones anteriormente señaladas.

Cabeza

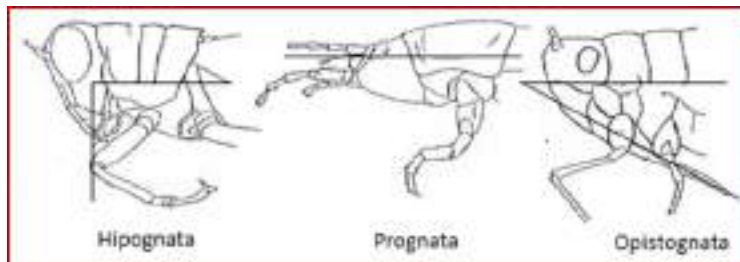
Es una estructura cuya forma puede, en general, asimilarse a un cubo. No obstante, puede ser más o menos triangular (Mantodea); redondeada (Phasmatidae); oval (Lepidóptera); alargada en forma de pico (Curculionidae); etc.; con todas sus caras esclerosadas a excepción de la inferior.

La cabeza, en la mayoría de los casos, está bien diferenciada del tórax (Himenóptera y Ortóptera); en algunos casos queda parcialmente cubierta por este (Bostrychidae); y en otros está profundamente incrustada en él (Coccinellidae).

Puede adoptar diferentes posiciones con respecto al eje longitudinal del cuerpo:

- **Prognata.** El eje de la cabeza forma un ángulo obtuso con el cuerpo de forma tal que la cabeza queda inclinada hacia arriba y las piezas bucales se proyectan hacia adelante (Coleoptera: Cerambicidae, Neuroptera).
- **Hipognata.** El eje de la cabeza forma un ángulo recto con el del cuerpo de modo que las piezas bucales están dirigidas hacia abajo. Es la posición más generalizada (Orthoptera, Mantodea, Lepidoptera).
- **Opistognata.** El eje de la cabeza forma un ángulo agudo con el del cuerpo, por lo que la cabeza queda inclinada hacia atrás y las piezas bucales hacia la parte posterior apoyadas en la región esternal del tórax (Hemiptera).

Figura N° 2. Posición de la cabeza con respecto al eje del cuerpo.



Fuente: Maranhao, 1978.

Escleritos y suturas

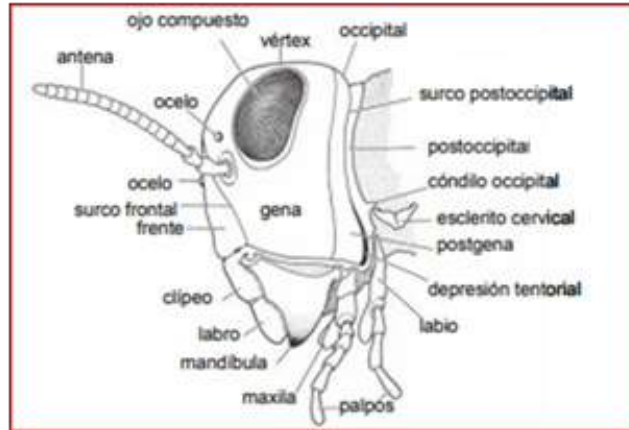
La cápsula cefálica está integrada por varios escleritos delimitados por surcos llamados suturas:

- **Vértex.** Comprende la parte dorsal de la cabeza entre y por detrás de los ojos compuestos. En este esclerito en posición lateral se hallan un par de ocelos y las antenas. Está atravesado por la sutura epicraneal que se inicia en la parte posterior de la cabeza y se bifurca en la cara, formando los brazos epicraneales. De este modo, la sutura toma la forma de una Y invertida.

En algunos Orthoptera (Proscopidae y Tettigonidae), el vértex se prolonga formando un fastigio.

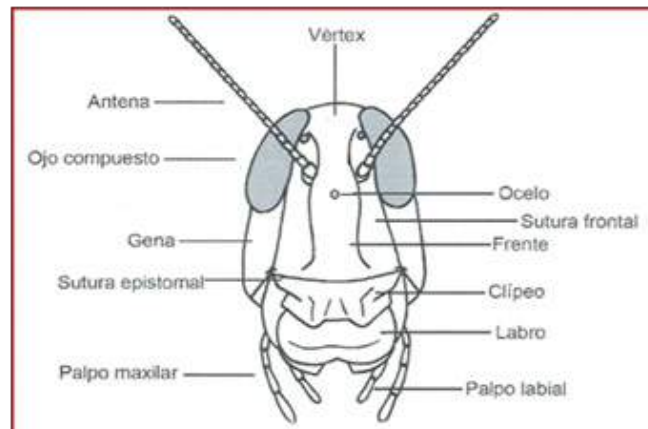
- **Frente.** Es un esclerito impar, frecuentemente de forma triangular, se ubica por debajo de los brazos epicraneales y termina hacia abajo en la sutura frontoclipeal. Lleva en su línea media un ocelo o tercer ojo. En algunos insectos, la frente se presenta alargada, observándose una banda estrecha denominada cresta, limitada lateralmente por las carenas frontales.
- **Clípeo.** Está ubicado entre la frente y el labro -pieza del aparato bucal-. Es un esclerito de forma rectangular soldado a la frente y articulado por una conexión membranosa al labro. En algunos insectos está dividido por un surco en un anteclípeo (próximo al labro) y en un postclípeo (próximo a la frente). La sutura que lo separa del labro se llama clipeolabral.
- **Genas o mejillas.** Es el esclerito par situado por debajo de los ojos y posterior a la frente. A veces se presenta una sutura genal o parafrontal entre la frente y la gena. La zona posterior a los ojos se llama postgena, que se extiende hasta la sutura occipital.
- **Occipucio.** Pieza con forma de herradura. Abarca la mayor parte de la región posterior de la cabeza. Está separado del vértex y de las genas por la sutura occipital.
- **Postoccipucio.** Estrecho esclerito anular que forma el borde del agujero occipital. Lo separa del occipucio la sutura postoccipital. Los escleritos y suturas descriptas pueden hallarse más o menos modificados en los diferentes grupos de insectos.

Figura N° 3. Vista lateral de una cabeza de langosta.



Fuente: Maranhao, 1976.

Figura N° 4. Vista frontal de una cabeza de langosta.



Fuente: Maranhao, 1976.

Ojos

Los insectos adultos presentan, en general, un par de ojos compuestos y hasta tres ocelos u ojos simples.

Los ojos compuestos están ubicados en la región dorsolateral de la cabeza y rodeados por un estrecho esclerito ocular.

Están constituidos por unidades funcionales llamadas omatidios. El número de omatidios o facetas que forman un ojo compuesto varía desde unos pocos hasta miles, en las diferentes especies. Mientras en una hormiga subterránea no sobrepasan los seis, en la libélula alcanzan los 20.000. La mosca doméstica tiene alrededor de 1.000 y los tábanos, 27.000.

En cuanto al tamaño, los omatidios más grandes se hallan en individuos que viven en ambientes escasamente iluminados.

El tamaño medio de las facetas es de 0,02 a 0,04 mm de diámetro. Cada unidad es un sistema visual en miniatura, que consiste en una pequeña lente cornea, un sistema transmisor de luz y células sensibles de retina. No hay dos facetas que apunten exactamente a un mismo punto, de modo tal que las facetas se combinan como las piezas de un mosaico para formar un cuadro completo.

En los estados larvales de insectos no se hallan ojos compuestos, mientras que, en los adultos, se encuentran en número de dos generalmente. En algunas especies se presentan sobre tubérculos o pedúnculos, y en otras faltan por completo. En cuanto al tamaño y a la forma, estos son muy variables. No son móviles y carecen de párpados.

Con ellos detectan los movimientos, registrando las impresiones en facetas diferentes. La detección del movimiento tiene una importancia fundamental para los insectos, ya que un objeto que se mueve puede ser un enemigo a evitar o una presa para capturar. La mayoría de los insectos son capaces de percibir la luz ultravioleta.

Ocelos u ojos simples

Se presentan en insectos en estado adulto, en número de tres, dos o uno. Son órganos de una sola faceta lisa y muy convexa y, por lo general, coloreada, situados en la cara, normalmente entre las antenas.

Las larvas poseen ocelos que desaparecen en el estado adulto, pudiendo encontrarse en el estado juvenil, de uno a seis.

Estos sirven para la visión de objetos cercanos además de estimular la sensibilidad a la luz de los ojos compuestos.

Antenas

Son órganos sensoriales pares, ubicados entre los ojos compuestos o delante de estos. Se articulan en fosas antenales, las cuales están rodeadas por un esclerito en forma de anillo. En algunas especies se insertan sobre protuberancias del vértex llamadas tubérculos frontales.

Las antenas pueden ser cortas, encontrándose escondidas en cavidades, o bien, largas y bien visibles. Los insectos que tienen las antenas tan o más largas que el cuerpo se denominan longicornios.

Están constituidas por piezas llamadas antenitos, antenómeros o artejos antenales, distinguiéndose el escapo, el pedicelo y el flagelo. El primero es el más desarrollado y constituye el soporte para las demás piezas; el pedicelo, de menor tamaño y forma anular; y el flagelo está constituido por un gran número de artejos. En algunos casos, el flagelo se divide en funículo y clava.

Las formas que presentan varían entre las diferentes especies aún dentro de una misma familia, e incluso en varios casos entre ambos sexos de la misma especie. Los tipos más comunes y algunos ejemplos de las formas en que se las encuentran son los siguientes:

- **Filiformes.** Larga y delgada, antenitos de igual diámetro (Orthoptera: Tettigonidae).
- **Moniliforme.** Artejos antenales más o menos iguales, como las cuentas de un rosario o collar (Thysanoptera).
- **Setácea.** El diámetro de los antenitos se reduce gradualmente hacia el ápice hasta terminar en forma de pelo o seta (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae).
- **Aserrada.** Artejos antenales en forma de sierra (Coleoptera: Elateridae).
- **Clavada.** Los últimos antenómeros se hallan ligeramente ensanchados, terminando la antena en una clava (Lepidoptera: Pieridae).
- **Capitada.** Los últimos antenómeros se ensanchan bruscamente, formando una cabezuela (Lepidoptera: Papilionidae).

- **Verticilada.** Antena filiforme con pelos cortos o largos a su alrededor (Díptera: Culicidae).
- **Plumosa.** Expansiones laterales muy delicadas, dan a la antena un aspecto de pluma (Lepidoptera).
- **Pectinada.** La expansión lateral en solo uno de los lados, da a la antena aspecto de peine (Coleoptera: Lampyridae).
- **Geniculada.** Antena acodada. El escapo largo forma un ángulo agudo con los demás antenitos (Hymenoptera: Formicidae).
- **Aristada.** Antena muy corta. Un pelo simple o plumoso denominado arista, se halla sobre el tercer y último antenito, que toma la forma de una clava achatada. Aristada dorsal (Díptera: Tephritidae).

La importancia de las antenas para los insectos está dada porque presentan sensores capaces de percibir diferentes estímulos de tipo mecánico y químico, siendo su principal función, la táctil. Sensorios olfativos, denominados también rhinarias, se hallan en las antenas de los pulgones, principalmente en las formas aladas.

Tórax

Es la región intermedia del cuerpo ubicada detrás de la cabeza y delante del abdomen. Es el más desarrollado y resistente de los tagmas, externa e internamente, por su induración y por la inserción de músculos.

Constituye la región locomotriz, ya que en ella se insertan las patas y las alas, cuando están presentes.

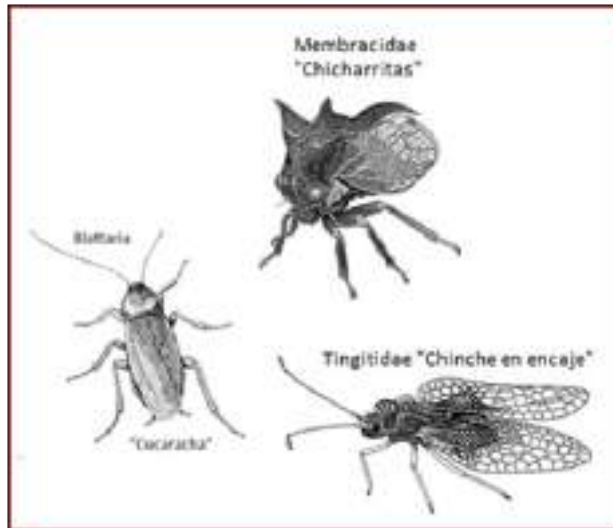
La unión con la cabeza se realiza a través de una membrana cefalotorácica, constituyendo la región cervical o cuello que es flexible y permite los movimientos de la cabeza. En algunos insectos, la cabeza tiene poca o ninguna movilidad; en otros, en cambio, el desarrollo de la membrana y de los músculos que la accionan determina una gran movilidad.

El tórax está compuesto por tres segmentos o somitos que, de adelante hacia atrás, son: protórax, mesotórax y metatórax.

Los segmentos son similares en tamaño en los insectos ápteros, es decir en aquellos que carecen de alas, al igual que en los que sufren una regresión parasitaria. En cambio, en los insectos alados, son de diferentes

tamaños, principalmente en aquellos que llevan un solo par de alas. De los tres segmentos, por lo general, el más desarrollado es el protórax.

Figura N° 5. Expansiones protorácicas en distintas familias de insectos.



Fuente: Rizzo, 1976.

En el tórax, cada segmento presenta una arcada dorsal o notal, dos pleurales o laterales (una de cada lado) y una ventral o esternal. De este modo tenemos el pronoto, mesonoto y metanoto en la parte superior; la propleura, mesopleura y metapleura lateralmente; y el prosterno, mesosterno y metasterno en la región ventral. Cada una de dichas arcadas está integrada por escleritos.

En algunos insectos, el pronoto se desarrolla tomando la forma de una silla de montar (Orthoptera); a veces una simple placa que llega a cubrir la cabeza (Dictioptera); puede presentar expansiones laterales (Hemiptera: Heteroptera: Tingidae) o procesos córneos dirigidos hacia adelante que, con el proceso de la cabeza dirigido hacia atrás, forman una especie de pinza minúscula (bicho torito o candado). A veces, el pronoto se expande hacia atrás, llegando a cubrir el abdomen (Orthoptera: Tetrígidae).

Sin dudas, los casos más espectaculares de desarrollo del pronoto se observan en Hemiptera: Auchenorrhyncha: Membracidae.

En el tórax encontramos los espiráculos o estigmas respiratorios que están presentes en la mesopleura y metapleura y, excepcionalmente, en la propleura; son los que comunican con el exterior para el intercambio gaseoso.

Patas

Son los órganos locomotores terrestres o acuáticos, a cuya función principal se le pueden sumar otras como la obtención de alimento, constitución de nidos, defensa y participación durante la cópula.

En estado adulto, los insectos presentan tres pares de patas -un par en cada segmento torácico-, siendo pocas las especies ápodas, es decir que carecen de ellas.

Morfológicamente, una pata típica presenta cinco segmentos que se unen entre sí por medio de membranas articulares. Dichas piezas son: coxa, trocánter, fémur, tibia, tarso y pretarso.

- **Coxa:** Es el segmento basal que se inserta en la cavidad coxal a acetábulo, ubicado debajo del episterno y epímero. Cumple funciones de articulación. Por lo general presenta la forma de un cono truncado.
- **Trocánter:** Es el segundo segmento, mucho más corto que la coxa; en algunos insectos posee una sutura mediana y puede estar parcial o completamente fusionada al fémur.
- **Fémur:** Es la pieza más desarrollada y fuerte. En él se encuentran los músculos femorales que dan movimientos a la tibia y al tarso.

En los machos de Acrididae, los fémures del tercer par de patas presentan en su cara interna una hilera de dentículos que, al ser frotados con las venas de las alas, produce un sonido característico.

- **Tibia:** Segmento más delgado que el fémur y a veces tan largo como este. Forma con él una rodilla que permite a la tibia doblarse. Puede presentar espinas o espolones. En Lepidoptera poseen un apéndice móvil denominado strigil, utilizado en la limpieza de las antenas. En algunos insectos, en la tibia del primer par de patas, se encuentra el orificio timpánico.

- **Tarso:** Está constituido por piezas móviles denominadas tarsitos y cuyo número varía de 1 a 5. Presenta, generalmente, en su parte ventral abundantes pelos. Puede estar bastante modificado como en el caso de los Apidae en los cuales el primer tarsito se presenta muy desarrollado formando una cavidad o cestillo donde se acumula polen. De acuerdo al número de tarsitos, los insectos pueden ser homómeros o heterómeros. En el primer caso, en los tres pares de patas poseen igual números de tarsitos, y en el segundo poseen diferentes números.

Los tarsitos pueden ser: monómeros, dímeros, trímeros, tetrámeros o pentámeros. Muchos insectos heterómeros son fácilmente identificados por las fórmulas tarsales: (3-5-5), (4-4-5), etc., lo que significa que, en el primer caso, poseen en las patas primeras, tres tarsitos y en las intermedias y posteriores, cinco. Algunos insectos aparentan tener un número menor de tarsitos del que realmente poseen por ser algunos de ellos muy pequeños (Coleoptera: Chrysomelidae y Cerambycidae).

- **Pretarso:** Es la parte distal de la pata, y si bien no constituye un verdadero segmento, presenta diversas estructuras que cumplen funciones auxiliares en la locomoción o en la sujeción. Entre ellas se hallan las garras o uñas, arolio, pulvillo, empodio o pelos empodiales. Las garras permiten al insecto fijarse en superficies ásperas, el arolio funciona como una ventosa para adherirse a las superficies lisas; los pulvillos son piezas pares que actúan como cojinetes adhesivos durante la locomoción. En las moscas existen numerosos pelos huecos microscópicos en los pulvillos, a través de los cuales exudan una sustancia pegajosa que le permite a la mosca caminar con la parte dorsal hacia abajo en superficies pulidas. El empodio está formado por un conjunto de pelos, ubicado entre las garras o pulvillos y cumple funciones táctiles.

Tipos de patas

La función principal de las patas es la locomoción; también puede realizar otras auxiliares y presentar diversas adaptaciones al medio donde viven.

- **Ambulatorias:** También llamadas corredoras o cursoras, no presentan modificación especial en ninguna de sus partes. Generalmente, el primer par de patas es más corto que el segundo y el tercero. Son ambulatorias las patas de Dictioptera: Blattaria.
- **Saltatorias:** Presentan, como característica sobresaliente, el fémur muy desarrollado lo que le permite al insecto efectuar saltos. Son patas saltatorias las del tercer par en grillos, langostas y pulgas.
- **Prensoras:** Son características en los insectos predadores. También se llaman raptoras y poseen un fémur muy desarrollado provisto de un surco en el cual se aloja la tibia doblada. Esta disposición que adoptan, además de las espinas y dientes que poseen, les sirven para aprehender otros insectos. Las encontramos por ejemplo en el primer par de patas de Hemiptera: Heteroptera: Belostomatidae y también en Mantodea.
- **Nadadoras:** Están presentes en los insectos nadadores, con adaptaciones más acentuadas en los pares medianos y posteriores en forma de remos. Presentan el fémur, tibia y tarsos achatados y, generalmente, con los márgenes provistos de pelos. Presentes en Coleoptera: Dytiscidae e Hydrophilidae.
- **Fosoras:** Llamadas también cavadoras ya que sirven para cavar. Se las encuentra en Orthoptera: Gryllotalpidae y en Coleoptera: Scarabeidae. En ambos casos, las patas del primer par se presentan profundamente modificadas a nivel de los tarsos y de las tibias respectivamente, siendo bastante diferentes en los dos ejemplos citados.
- **Colectoras:** Son las patas posteriores de Hymenoptera (abejas y abejorros) que sirven para recoger y transportar granos de polen, presentando el primer segmento del tarso (basitarso) la forma de un cesto o canastilla provista de pelos con la que recogen el alimento.
- **Fijadoras:** Son las patas de los piojos que viven en pelos y plumas. En ellas, el único tarsito termina en una uña larga y curvada, y la tibia presenta una proyección denominada pólex, la cual forma, con la uña, una pinza con la que pueden prenderse a un pelo o una

pluma. En este caso, los tres pares de patas presentan la misma característica.

- **Limpiadoras:** Patas con estructuras en forma de peine o espolones utilizados por el insecto para la limpieza de diferentes órganos (Hymenoptera, Lepidoptera).

Como vimos, las modificaciones pueden presentarse en los tres pares de patas o solamente en alguna de ellas; también pueden encontrarse en uno de los sexos de una misma especie.

Mientras que en los insectos adultos se presentan tres pares de patas torácicas; algunas formas larvales son enteramente ápodas y otras tienen, además de las patas articuladas del tórax, de dos a ocho pares adicionales de proyecciones carnosas y no articuladas. Estas últimas son usadas como patas y se las conoce como falsas patas, seudópodos o espuripedios.

Si estudiamos el movimiento de las patas, veremos que el insecto siempre se apoya en tres, logrando un equilibrio estable cuando están en movimiento. Por esto requieren mucho menos esfuerzo muscular en comparación con los que poseen dos o cuatro patas.

Alas

Son estructuras provenientes de expansiones del notum y de las pleuras que capacitan al insecto para volar. Difieren de las de otros animales voladores como aves, por ejemplo, por ser, en estas, adaptaciones de otros órganos locomotores.

A diferencia de otros apéndices, las alas carecen de músculos insertos en su interior.

Típicamente, los insectos pterigotos tienen dos pares de alas, uno en el mesotórax y otro en el metatórax. El protórax carece siempre de ellas. Sin embargo, hay insectos con solo un par, o bien sin ellas, es decir son ápteros. Los insectos ápteros, cuyos ancestros carecieron de alas, pertenecen a la subclase Apterigota.

En algunos casos, dentro de una especie, individuos de un mismo sexo son alados y los del otro, ápteros. En los insectos en los que solo hay un par

de alas, se hallan en el mesotórax y las alas metatorácicas son reemplazadas por órganos que reciben el nombre de balancines o halterios (Diptera) y pseudohalterios en machos de cochinillas (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoideae).

Estructura

Las alas son expansiones laminares de la pared del cuerpo, que dejan entre ellas una serie de venas que constituyen su armazón. Por estos conductos, circula aire y hemolinfa, y por ellos corren también filetes nerviosos.

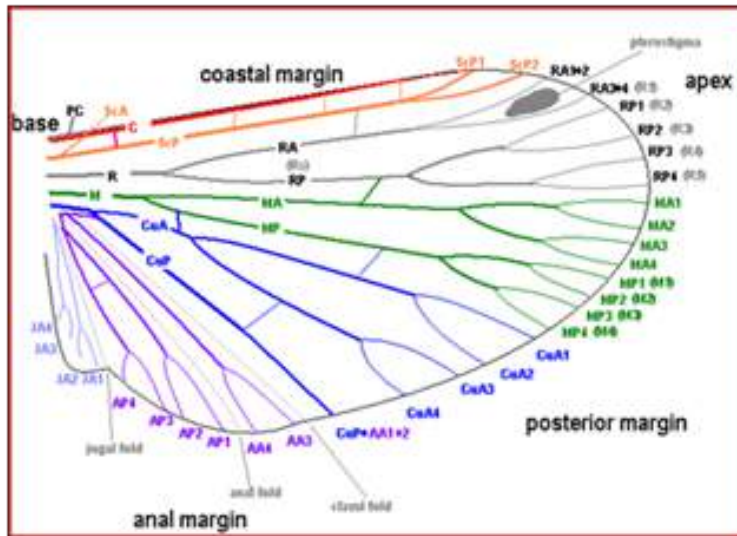
La base del ala se conecta al cuerpo a través de pequeños escleritos axilares ubicados en un gozne membranoso. Dichos escleritos se articulan con el borde del notum y están estrechamente asociados con los escleritos alares-basales y subalares que se sitúan uno a cada lado de los procesos alares de la pleura.

Venación

Las alas están atravesadas por venas longitudinales, transversales y oblicuas que forman, en conjunto, un diseño uniforme para cada especie, que se llama venación.

La venación más compleja se presenta en los insectos que tienen gran capacidad de vuelo, señalándose que se hallan innumerables variaciones en los diferentes grupos.

Figura N° 6. Venación alar.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

Modelo básico de venación

a) Venas longitudinales:

Costal, (C). Forma el borde anterior del ala y no presenta ramificaciones.

Subcostal, (Sc). Se halla ubicada inmediatamente por debajo de la (C) y, por lo general, se divide en dos ramas: Subcostal 1 (Sc1) y Subcostal 2 (Sc2).

Radial, (R). Corre paralela a la vena subcostal y se divide en dos ramas: R1 y sector radial, Rs. Este último se divide frecuentemente en cuatro ramas: R2, R3, R4 y R5.

Medial, (M). Está situada en la parte media del ala. La base se halla en una depresión y típicamente se divide en cuatro ramas M1, M2, M3 y M4. Articula con uno de los escleritos auxiliares medios.

Cubital, (Cu). Presenta dos ramas principales: La porción basal, Cu1 y la Cu2 que corren a lo largo de una depresión -surco cubital-, y la Cu1, por lo general, se ramifica en la Cu1(a) y Cu1(b). La Cu1 articula con los escleritos axilares medios.

Anales, (A). Forman un conjunto de venas unidas o agrupadas entre sí por la base y estrechamente asociadas con el tercer esclerito axilar. Por lo general corren paralelas y no se ramifican: A1, A2, A3, A4.

Jugales, (J). Son venas cortas ubicadas en el surco jugal: J1 y J2.

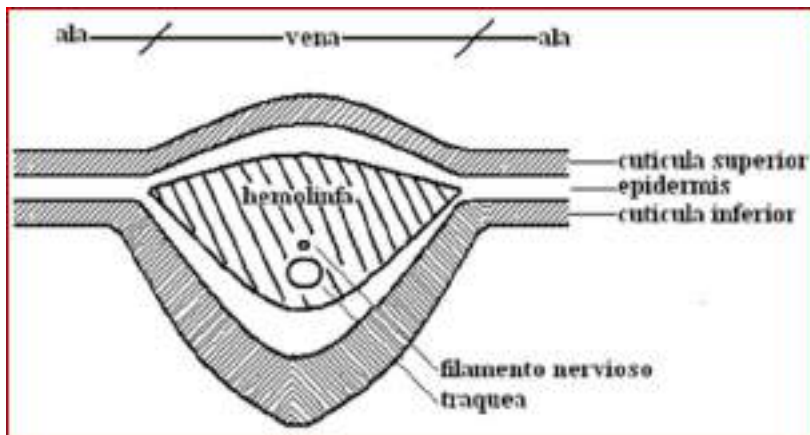
El ala se dobla por pliegues bien definidos: surco cubital (sc) y surco jugal (sj), ambos constituyen, además, puntos de referencia para la identificación de la vena cubital, las venas anales y jugales.

b) Venas transversales:

Son venas cortas que unen entre sí a las longitudinales. Se les da nombres concretos según las venas que conectan y se las designa con letras minúsculas, empleándose números para señalar las de una misma serie. La excepción la constituye la vena transversa, situada entre la costal y la subcostal en la base del ala, que se denomina transversa humeral y se indica con h.

Las venas longitudinales y transversales encierran espacios denominados celdas o células alares, pudiendo ser estas abiertas o cerradas. Las mismas tienen importancia taxonómica.

Figura N° 7. Corte transversal del ala de una mariposa.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

Tipos de alas

De acuerdo a la consistencia, las alas pueden ser de diferentes tipos:

- **Membranosas:** Delgadas y muy flexibles; coloradas o hialinas y con venas bien visibles. Lepidóptera, Himenóptera, Sternorrhyncha poseen el primer par de alas membranosas. El segundo par de alas de los insectos que las poseen es siempre de este tipo.
- **Membranosas con fleco:** Alas muy estrechas, bordeadas de largos pelos a modo de fleco. Poseen venas reducidas. Los tisanópteros poseen los dos pares de alas de este tipo.
- **Membranosas vestidas:** Recubiertas por escamas dispuestas en forma imbricada. Son las alas que presentan los Lepidópteros.

En muchos casos, las alas membranosas se hallan cubiertas por microtriquias (Hymenoptera: Trichogrammatidae), o poseen pelos engrosados -macrotriquias- (algunos Diptera). En ciertos casos están recubiertas de cera (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) y en otras se presentan ligeramente engrosadas o endurecidas (algunos Hemiptera: Heteroptera: Scutelleridae).

- **Tegminas:** Alas de consistencia apergaminadas y con venas bien visibles. Son típicas de Orthoptera, Mantodea, Phasmida.
- **Élitros:** Alas de consistencia coriácea, sin venas visibles. Constituyen verdaderos estuches de protección para el segundo par de alas, cubren total o parcialmente el abdomen y, a veces, se hallan soldados por su línea media. Pueden presentar surcos, estrías, escamas, puntuaciones, carenas, etc. Son de tipo élitro, el primer par en Coleóptera.
- **Hemiélitro:** Presentan la parte basal coriácea y el ápice membranoso. Poseen este tipo todos los Hemiptera, a excepción de los representantes de la familia Tingidae en los que solo se presenta una compleja articulación que confiere cierta dureza al ala y se le da el nombre de ala en encaje.

Ensamblés

En la mayoría de las especies, el primer par actúa independientemente del segundo durante el vuelo y en distintos planos (Odonata).

En otros, existen mecanismos a través de los cuales se produce un acople que permite desplazamientos a mayores distancias y vuelos más seguros. Entre estos mecanismos de acoples podemos mencionar:

- Frénulo y retináculo, presentes en Lepidóptera: Sphingidae y Noctuidae.
- Jugum o yugo y humili, presentes en Lepidópteros Jugados.
- Hamuli, presentes en Himenóptera.

Abdomen

Es la tercera y última región del cuerpo de los insectos. Su estructura es relativamente simple comparada con el tórax; carece de patas en el estado adulto y cumple la función reproductora.

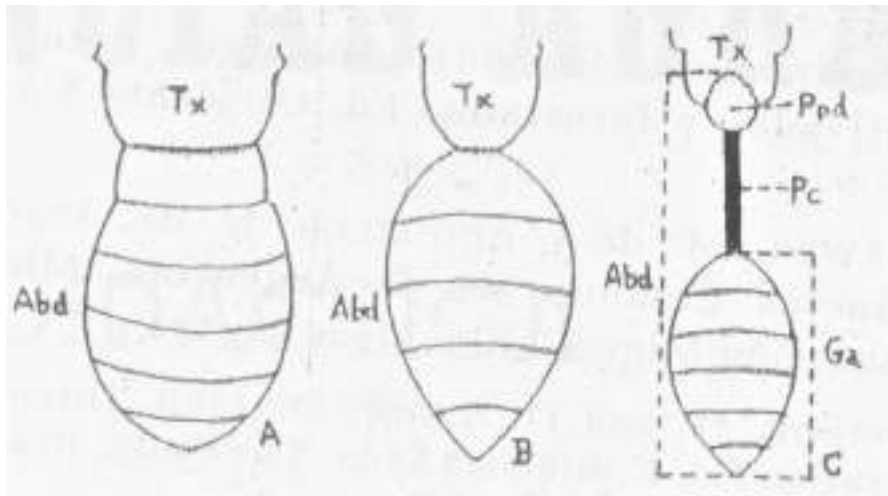
La unión del abdomen con el tórax puede ser del tipo sésil, libre o subsésil y peciolado o pedunculado.

Es **sésil** cuando se halla ampliamente unido al tórax como en la mayoría de los insectos (Odonata, Mantodea, Hemiptera, etc.); **libre** o **subsésil** cuando está unido por una pequeña constricción o pedicelo muy corto y poco visible (Diptera, Hymenoptera) y **peciolado** cuando se presenta unido por un largo estrechamiento denominado peciolo. En este caso, el primer segmento abdominal se halla íntimamente unido al tórax recibiendo el nombre de propodeo, el segundo constituye el peciolo y el resto se denomina gáster (Hymenoptera).

Originalmente, el abdomen presenta doce segmentos, pero esta característica solo puede verse en Protura y en ciertos estados embrionarios. Por lo general, el abdomen consta de diez u once segmentos, presentándose una reducción mayor en Collembola, que solo posee seis segmentos. En Hymenoptera, género *Chelonus*, el abdomen se reduce a un solo segmento.

En general, varios de los últimos segmentos se hallan modificados para formar un órgano copulador o un ovipositor normalmente retraídos dentro de los segmentos precedentes.

Figura N° 8. Uniones del tórax con el abdomen.



Nota: A) Sécil; B) Libre o Subsecil; C) Peciulado o pedunculado; Tx) Tórax; Abd) Abdomen; Ppd) Propódeo; Pc) Peciolo; Ga) Gáster.

Fuente: Maranaho, 1978.

Segmentación y estructura

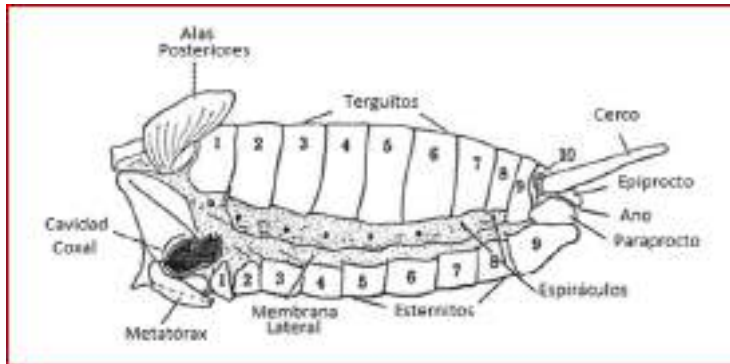
El abdomen, a diferencia de las regiones anteriores, se presenta claramente segmentado. Cada segmento recibe el nombre de urómero o urito, y consta de una arcada dorsal o tergal (urotergito), una arcada ventral o esternal (urosternito) y dos áreas laterales membranosas que conectan el tergo y el esterno, llamados uropleuritos.

Cada urómero se une al inmediato posterior por medio de una membrana intersegmental o conjuntiva.

Los segmentos abdominales pueden agruparse en tres regiones: pregenital (todos los urómeros que preceden a la abertura genital); genital (segmentos asociados a la abertura genital) y postgenital (segmentos posteriores a la abertura genital, los que se hallan modificados, atrofiados o vestigiales).

En el abdomen se hallan diferentes tipos de apéndices y órganos que describimos a continuación.

Figura N° 9. Segmentación del abdomen.



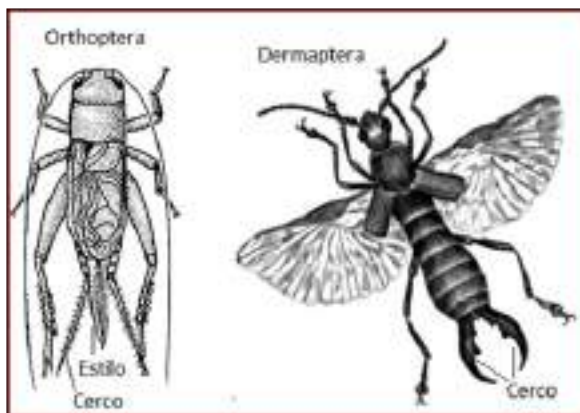
Fuente: Maranhao, 1978.

Apéndices

Los apéndices pueden dividirse en dos grupos: los asociados con la reproducción (copulación y ovoposición) y los no asociados con la actividad reproductiva.

Los apéndices asociados a la reproducción incluyen, por lo general, a los del octavo u noveno segmento en la hembra y solo el noveno en el macho.

Figura N° 10. Apéndices abdominales.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

Genitalia femenina

Comprende el oviscapto u ovipositor compuesto por tres pares de válvulas o valvas, más o menos desarrolladas en las diferentes especies. En muchos insectos, las primeras y segundas válvulas forman una hoja saliente, mientras que las terceras forman una especie de funda.

En Orthoptera: Acrididae es muy corto y está formado por dos pares de válvulas grandes, estando las intermedias atrofiadas. Sirve para efectuar posturas en el suelo.

En Auchenorrhyncha: Cicadidae, el oviscapto es fuerte, lo que permite realizar posturas en el interior de los tallos leñosos.

En Tysanoptera: Terebrantia, los dos pares de válvulas presentes son dentados, aptos para encastrar los huevos en el interior de los tejidos vegetales.

En los Hymenoptera: Tentredinidae, las primeras y segundas válvulas forman un órgano cortador o perforador con un canal interior por el cual descargan los huevos. Las terceras válvulas forman una vaina o funda, en su interior se repliega el ovipositor cuando está retraído.

En los Hymenoptera superiores, las segundas válvulas se sueldan en uno de sus bordes y forman una vaina de sección semicircular ofreciendo una ranura doble en su parte superior. Sobre estas ranuras, resbala el primer par de válvulas o estiletes; el tercer par de válvulas actúan como protector.

En Hymenoptera: Aculeados, que poseen aguijón, las segundas valvas forman el estilete de extremidad aguzada y presenta en la cara inferior un canal por donde resbalan las primeras válvulas o lancetas. El veneno producido por una glándula especial baja por el canal del estilete hasta la herida causada por las lancetas.

En muchos insectos, las válvulas están pobremente o nada desarrolladas, en cuyo caso los segmentos apicales del abdomen forman un tubo extensible que funciona como un ovipositor. Muestran esta situación muchos Lepidoptera y Diptera.

Genitalia masculina

En este sexo, los apéndices del noveno segmento están por lo general combinados con partes del propio segmento y, a veces, con partes del décimo, para formar un órgano copulatorio. Este presenta peculiaridades en cada orden de insectos, por lo que resulta dificultoso homologar las partes de estos órganos en los diferentes grupos. De allí que proporciona excelentes caracteres taxonómicos para la diferenciación de familias, géneros y especies.

Comprende órganos perifálicos y fálicos. Los primeros tienen como función principal sujetar a la hembra en el momento de la cópula. Los órganos fálicos son formaciones que rodean al gonoporo e intervienen en la cópula.

En la mayor parte de los insectos, los apéndices abdominales no asociados con la reproducción están ausentes excepto en los segmentos terminales.

En algunas formas primitivas, Apterigota, se articulan centralmente pudiendo ser pares o impares y casi todos poseen funciones locomotoras, entre ellos se hallan:

- **Estilos:** En Thysaura, procesos aguzados y móviles en su base y ubicados entre el segundo el décimo urosternito. Cumplen función locomotriz.

En otros grupos, los estilos son apéndices pares ubicados en la arcada urosternal del 11° urómero, generalmente cortos y uniarticulados que cumplen una función sensitiva. Se encuentran en Blattaria, Ephemera, Mantodea e Isoptera.

- **Cercos:** Son apéndices táctiles pares ubicados, por lo general, en el 10° segmento, en la arcada urotergal. Pueden ser uniarticulados o pluriarticulados, cortos o largos, glabros o pilosos y de diferentes formas: fusiformes, filiformes o de pinzas rectas o curvas, con o sin dientes por su cara interna. Cuando tienen la forma de pinzas se llaman fórceps y cumplen funciones prensoras.

Se hallan cercos en Odonatos, Siphinaptera, Isoptera, Mantodea, Blattaria, Phasmida, Dermaptera, etc. No los poseen los Anaplura,

Mallophaga, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Himenoptera, etc.

- **Cornículos:** Llamados también sifones, son apéndices en forma de tubo, ubicados dorsalmente entre el 5° y 6° urómero en Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae, a través de los cuales expulsan cera, cumpliendo una función protectora.
- **Cauda:** Prolongación del 10° tergito en forma de cola cónica que poseen los Aphididae, en la base de la cual se abre el ano y más ventralmente el orificio genital.
- **Coloforo:** Especie de tubo, a veces bifurcado, delgado y membranoso, que llevan los Collembola en el 1° uroesternito, cuya función es el intercambio gaseoso para algunas especies y, para otras, sirve para la fijación o adherencia a superficies lisas, ya que segrega una sustancia pegajosa.
- **Tenáculo:** Saliencia ventral del 3° urómero en Collembola, que retiene a la furca en el momento previo al salto.
- **Furca:** Apéndices del 4° uroesternito en Collembola, con forma de horquilla, que sirve para realizar el desplazamiento a través de saltos.

Órganos

- **Espiráculos u orificios respiratorios:** Son aberturas hasta en número de ocho pares, ubicados en los uropleuritos, pudiendo hallarse también en el meso y metatórax, en la región pleural. A través de ellos se efectúa el intercambio gaseoso.
- **Órganos timpánicos:** Ubicados a cada lado de la base del abdomen de muchos insectos (Orthoptera: Acrididae, Auchenorrhyncha: Cicadidae y Lepidoptera). En otros se encuentran en la tibia del primer par de patas (Orthoptera: Tetigonidae y Gryllotalpidae). Están constituidos por una membrana externa o tímpano conectado con un grupo de receptores internos.
- **Órganos de canto:** En las cigarras (Auchenorrhyncha: Cicadidae) se halla desarrollado un órgano vibratorio integrado por un

conjunto de membranas, ubicadas en el urómero basal, por el cual producen un sonido característico. Una de estas membranas está conectada con fibras musculares que, al contraerse y al relajarse, producen ondas sonoras. El abdomen, en los machos, actúa como caja de resonancia.

Otros insectos producen sonido sin ayuda de un órgano especial, por ejemplo, el zumbido producido por las rapidísimas vibraciones de las alas de los mosquitos. Algunos Orthoptera: Gryllidae producen un sonido al raspar el margen frontal del ala anterior por encima de las engrosadas venas del ala anterior, haciéndolas vibrar. En Orthoptera: Acrididae, la cara interna del fémur está provista de una fila de diminutos dientes y, al frotarla por encima del ala delantera, la hace vibrar.

Bibliografía

Citada

BONNEMAISON, I. (1964). *Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales*. (Tomo 1). Barcelona, España: Ed. Española. Occidentes, S. A.

MARANHAO, Z. C. (1978). *Morfología geral dos insectos*. Sao Paulo, Brasil: Libreria Novel S. A.

MONTÉS, F. J. (2013). *El Universo de los Insectos*. España: Edición Mundi-Prensa.

RAMÍREZ CASALLASAS, M.; ORTIZ YANINE, M. I. y MOLINA, J. (2013). *Señales vibratorias en comportamiento de insectos: Producción, detección y métodos de estudio*. Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN.

RIZZO, F. H. (1976). *Hemípteros de interés agrícola*. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur.

RIVERA RESTREPO, J. (2000). *Teoría de la Trofobiosis. Plantas enfermas por el uso de agrotóxicos*. Posgrado: Ecología y Recursos Naturales. Digitalización: jafm.

Consultada

BONNEMAISON, L. (1964). *Enemigos naturales de las plantas cultivadas y forestales*. (Tomo I). Barcelona: Ed. Occidente S. A.

BORROR, d. and DE LONG, D. (1969). *Introducao ao estudo dos insectos*. Sao Paulo, Brasil: Ed. E. Blucher Ltda.

BREWER, M. de y ARGÜELLO, N. de. (1980). *Guía Ilustrada de insectos comunes en la Argentina*. Min. Cult. y Educación. Fundación Miguel Lillo. Misc. 67.

FERNÁNDEZ, R.; PASQUALINI, A. y NASCA, A. (1992). *Los Insectos Morfología Externa*. Serie Didáctica N° 64. Fac. de Agr. y Zoot. Univ. Nac. de Tucumán.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P.; BATISTA, G. C.; BERTHI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. y VENDRAMIN, J. D. (1978). *Manual de Entomología Agrícola*. Sao Paulo. Brasil: Edit. Agron. Ceres Ltda.

MARANHAO, Z. (1976). *Entomología General*. Sao Paulo, Brasil: Bibl. Rural. E. Nobel. A. S.

ROSS, H. (1964). *Introducción a la Entomología General y Aplicada*. (Trad. 2º. Edición). Barcelona, España: Editorial Omega, S. A.

APARATOS BUCALES

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Claudia Gallardo

Todos los insectos tienen un sistema digestivo por el que pasan los alimentos, a excepción de los estadios iniciales de algunos insectos parásitos en los que absorben los nutrientes a través de la superficie corporal.

El tubo digestivo de los insectos consta de dos partes: el canal alimentario y los órganos accesorios.

En el tubo digestivo se diferencian:

- Dos aberturas: boca y ano
- Dos cavidades preestomodeales: cibario y salivario
- Tres secciones: estomodeo, mesenterón y proctodeo

Los insectos, como muchos otros animales, requieren en su dieta de una serie de nutrientes que son esenciales para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Lógicamente, estos requerimientos varían cuali y cuantitativamente de una especie a otra.

Los nutrientes que necesitan son:

- **Aminoácidos** (necesitan los mismos 10 aminoácidos que los mamíferos: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina).
- **Fuente de energía** (lípidos, carbohidratos como: sacarosa y glucosa).
- **Nutrientes** (vitaminas del complejo B, minerales, sales, otras sustancias).

El mecanismo de ingestión de los **insectos** depende o está en relación directa con su aparato bucal.

Los insectos tienen una alimentación variada. Se pueden alimentar de:

- Vegetales
- Animales (vivos o muertos)
- Órganos vegetales tiernos, leñosos, carnosos
- Jugos vegetales (savia o contenidos celulares)
- Sustancias azucaradas
- Sangre
- Hemolinfa
- Órganos de animales inferiores o superiores
- Materia orgánica
- Polen

De la capacidad de un insecto de conseguir cierta fuente de alimento depende también la posibilidad de ingerir o digerir tal alimento, y esto se relaciona directamente con el **tipo de aparato bucal**.

Importancia agrícola

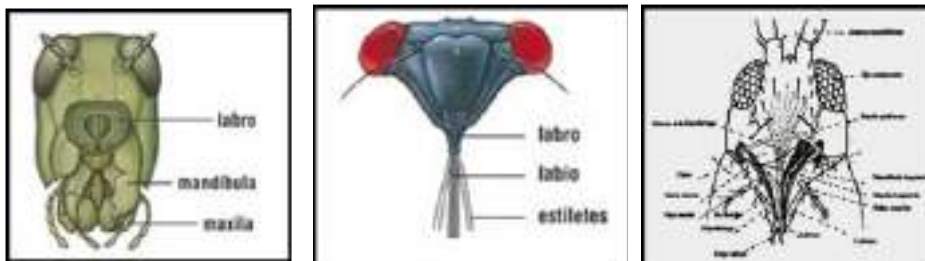
Desde el punto de vista agrícola, es de gran importancia porque, según el tipo de aparato bucal y las modificaciones que presenten:

- podemos diferenciar si son **insectos perjudiciales** o **benéficos**;
- podemos valorar la naturaleza del daño que pueden ocasionar; diferenciar la sintomatología de los daños;
- podemos reconocer el papel muy importante que desempeñan en la selección de los insecticidas destinados a ser empleados para su control.

Las diferentes modificaciones anatómicas que sufren las piezas bucales dan lugar a distintos tipos de aparatos bucales.

Figura N° 11. Aparatos bucales.

A. Orthoptera - Coleoptera B. Heteroptera - Sternorrhyncha C. Thysanoptera



Nota: A) masticador, B) picador suctor y C) raspador suctor.

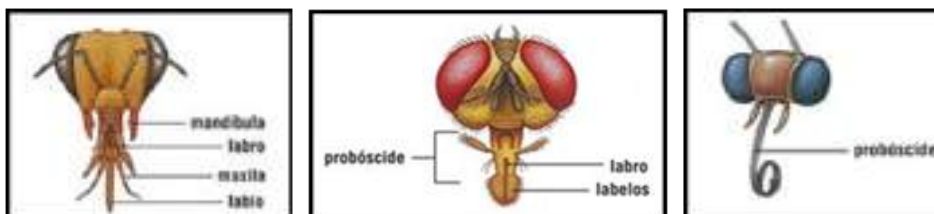
Fuente: modificado de Metcalf y Flint, 1965.

Figura N° 12. Aparatos bucales.

A. Hymenoptera

B. Diptera

C. Lepidoptera



Nota: A) masticador lamador, B) en esponja y C) en sifón.

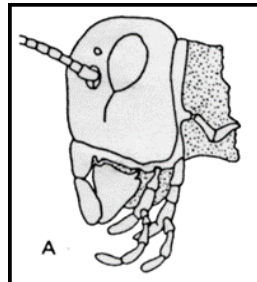
Fuente: modificado de Metcalf y Flint, 1965.

Posición del Aparato bucal con respecto al eje del cuerpo

Al producirse la fusión de los segmentos (que en los artrópodos primitivos se encontraban separados) para formar la cabeza del insecto, este proceso no se realizó en todos los insectos de la misma forma, por eso la inserción del aparato bucal adquiere posiciones diferentes.

Se denomina **Hipognata/o** cuando las piezas bucales forman un ángulo recto con respecto al eje longitudinal del cuerpo del insecto. Ejemplos de insectos que presentan este tipo de posición: tucuras, langostas, grillos topo, grillos verdes, crisopas, mariposas, etc.

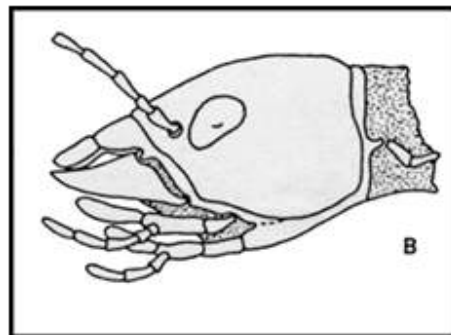
Figura N° 13. Insecto Hipognato.



Fuente: modificado de Metcalf y Flint, 1965.

Se denomina **Prognata/o** cuando las piezas bucales forman un ángulo obtuso con respecto al eje longitudinal del cuerpo del insecto. Ejemplos de insectos que presentan este tipo de posición son los cascarudos, las cucarachas, etc.

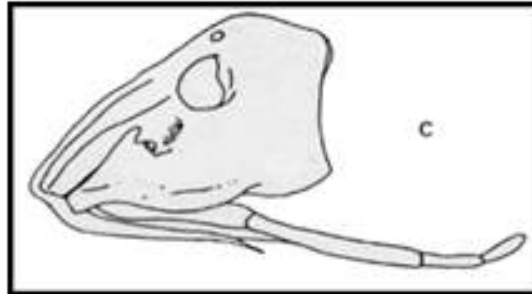
Figura N° 14. Insecto Prognato.



Fuente: modificado de Metcalf y Flint, 1965.

Se denomina **Opistognata/o** cuando las piezas bucales forman un ángulo agudo con respecto al eje longitudinal del cuerpo del insecto. Ejemplos de insectos que presentan este tipo de posición son los coyuyos, chinches, pulgones, cochinillas, chicharritas, etc.

Figura N° 15. Insecto Opistognato.



Fuente: modificado de Metcalf y Flint, 1965.

Es importante poder reconocer cómo está constituido un aparato bucal, es decir las piezas que lo conforman, y qué función tiene cada una de ellas.

- **Constitución:** cada aparato bucal está formado por una serie de piezas que varían en forma y tamaño de acuerdo al tipo de alimentación (Labro, Mandíbulas, Maxilas, Labium).
- **Función:** de preparación e introducción de los alimentos.

El aparato bucal de los insectos está formado por una serie de piezas que varían de forma y tamaño de acuerdo al tipo de alimentación.

Las **piezas bucales** son **apéndices móviles**, originalmente **pares**, adaptadas para la **ingestión** de diferentes tipos de alimentos.

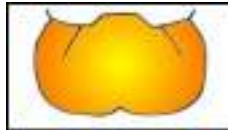
Aparato bucal de un insecto masticador tipo Ortóptero

El aparato bucal de un Ortóptero consta de 8 piezas:

- 1 Labro
- 2 Mandíbulas
- 2 Maxilas
- 1 Hipofaringe
- 1 Epifaringe
- 1 Labio

- **Labro o labrum.** Esta pieza se articula con el clípeo y sirve de tapa a la cavidad bucal. Presenta una escotadura cuya función es la de sostener el alimento (hojas); conjuntamente con la epifaringe que posee órganos gustatorios, constituye el labro epifaringe.

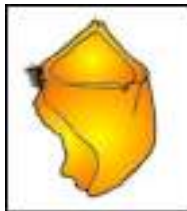
Figura N° 16. Labro de un insecto con aparato bucal masticador.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

- **Mandíbulas.** Son las piezas más importantes y características del aparato bucal masticador. Se presentan de a par, cada una con dientes fuertemente quitinizados que actúan enfrentados a los de la mandíbula opuesta. Sirven para cortar o rasgar el alimento. Es un eficiente aparato triturador, cortador o prensor.

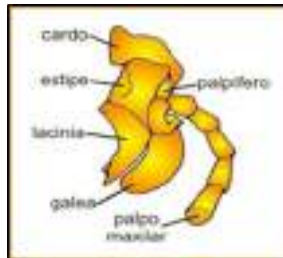
Figura N° 17. Mandíbula de un insecto con aparato bucal masticador.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

- **Maxilas.** Son un par de piezas de estructura compleja. Constan de un cuerpo basal integrado por tres escleritos: **cardo**, **estipe** y **palpífer** o **palpífero**. Del estipe se originan: un lóbulo interno o lacinia, con dientes que auxilian a las mandíbulas al masticar, y otro, externo o galea, que protege a la lacinia; la función de la galea es sensorial. En el palpífer se inserta el palpo maxilar, con pelos táctiles y órganos gustatorios. Las maxilas actúan de manera similar a las mandíbulas. Sirven para triturar el alimento.

Figura N° 18. Maxila de un insecto con aparato bucal masticador.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

- **Hipofaringe.** Está formada por una prolongación del piso de la boca y cumple funciones de lengua.
- **Epifaringe.** Está poco desarrollada en los insectos masticadores. Es un complejo de partes membranosas que forman el paladar del insecto. Recubre la cara interna del labro.

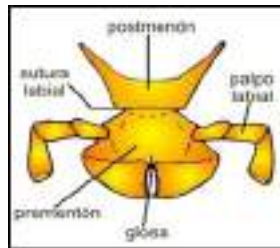
Figura N° 19. Epifaringe de un insecto con aparato bucal masticador.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

- **Labio o labium.** Cierra la cavidad oral por su parte inferior o posterior. Consta de una pieza basal o submentón, un mentón y un prementón. Este último lleva un palpíger de cada lado, con su palpo correspondiente y un par de glosas y paraglosas que se fusionan formando la lígula.

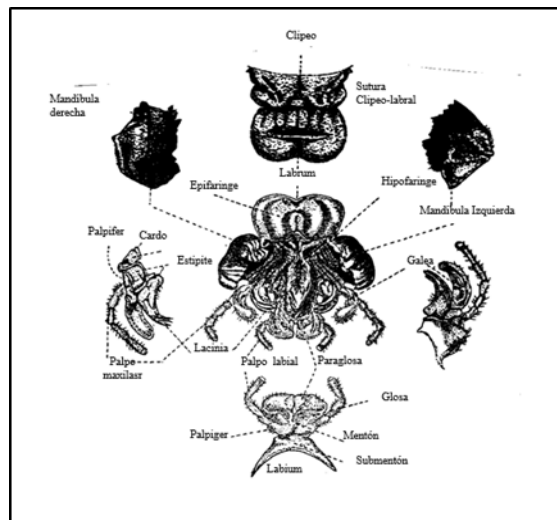
Figura N° 20. Labio de un insecto con aparato bucal masticador.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

***Piezas más activas:** Mandíbulas y Maxilas.

Figura N° 21. Aparato bucal masticador.



Fuente: modificado de Maranhao, 1978.

Órdenes de insectos que poseen este tipo de aparato bucal: Orthopteros, Neuropteros, Mantodeos, Isopteros, Coleopteros, algunos Himenopteros, etc. El mismo está presente en el 70% de los órdenes de importancia agrícola. También en los estadios larvales donde se reducen a simples mandíbulas en orugas o ganchos quitinosos en dípteros.

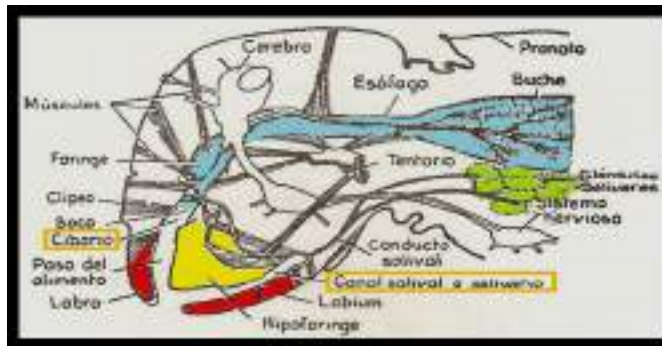
Relación del Aparato bucal con la anatomía interna

El tubo digestivo se inicia en la boca en cuyo fondo se encuentra la hipofaringe y presenta 2 cavidades preestomodeales: el cibario y el salivario.

A) El cibario es el lugar de paso de los alimentos y, en los insectos chupadores, cumple una función muy importante.

B) El salivario en los insectos masticadores es, generalmente, simple; pero a veces se modifica para cumplir diversas funciones: en larvas de lepidópteros, por ejemplo, se transforma en una prensa de seda.

Figura N° 22. El cibario y salivario.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

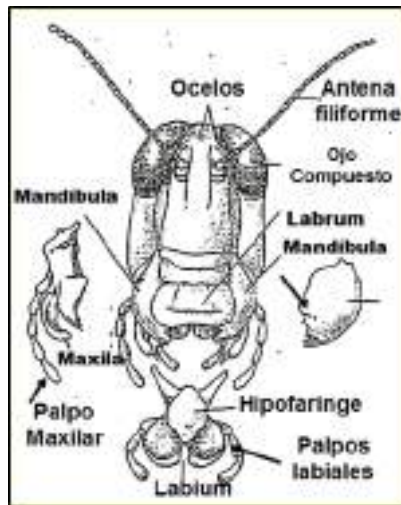
Las **glándulas salivales** son **dos tubos** cerrados en sus extremos que desembocan en la cavidad bucal a la altura de la **Hipofaringe**.

Las glándulas salivales **secretan saliva** que, al igual que en otros animales, tienen **función digestiva**.

La saliva contiene enzimas: una amilasa que desdobla el almidón en maltosa y una invertasa que reduce la sacarosa a glucosa y fructosa.

En insectos que se alimentan de sangre (hematófagos), la saliva tiene acción **anticuagulante**, para mantener el alimento en estado líquido.

Figura N° 23. Cabeza de un Ortóptero con las piezas bucales desplegadas.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Modificaciones de las mandíbulas del Aparato bucal masticador

Se encuentra en las formas inmaduras: Larvas.

Cuadro N° 2: Modificaciones del Aparato bucal.

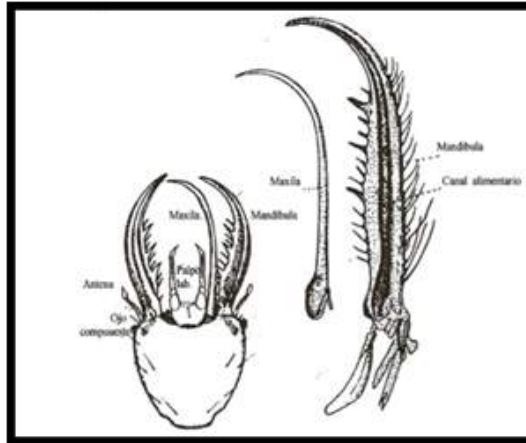
Estado	Modificación	Ejemplos
Larvas	Ganchos quitinosos	Larva de Mosca de los Frutos Orden: Diptera Familia: Tephritidae Frugívora
Larvas	Mandíbula succionadora	Orden: Neuroptera Crisopa Predador

Fuente: Quintana de Quinteros, 2017.

Modificaciones del Aparato bucal masticador

Figura N° 24. Cabeza de una larva de Crisópido.

Detalle de mandíbula y maxila.



Fuente: Metcalf y Flint, 1965.

- **Aparato bucal masticador modificado de Neurópteros:** las formas juveniles presentan mandíbulas en forma de hoz, larga, delgada y puntiaguda, cuya función es sujetar, picar y succionar a la presa.

Figura N° 25. Modificaciones del Aparato bucal masticador.

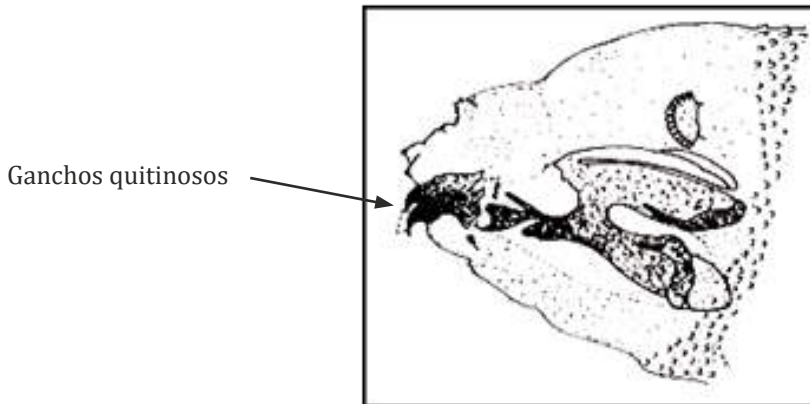


Nota: Detalle de las mandíbulas en el estado juvenil.

Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Aparato bucal masticador modificado de Dípteros:** las formas juveniles presentan ganchos mandibulares fuertes, visibles por transparencia, a través del tegumento de la región cefálica. Se mueven en un plano vertical provocando laceración de tejidos.

Figura N° 26. Larva de díptero con ganchos quitinosos.



Fuente: Metcalf y Flint, 1965.

Aparato bucal picador-suctor, tipo Hemíptero

Es altamente especializado. Capacita al insecto a alimentarse de **fluidos (líquidos)** de los tejidos animales y vegetales.

Todas las Piezas Bucales están modificadas en **estiletes**, con excepción del Labrum que es normal.

Los insectos con aparato bucal picador-suctor son plagas importantes, pues ingieren como alimento:

- Savia vegetal: en las especies **fitófagas**
- Hemolinfa: en las especies **predadoras**
- Sangre: en las especies **hematófagas**

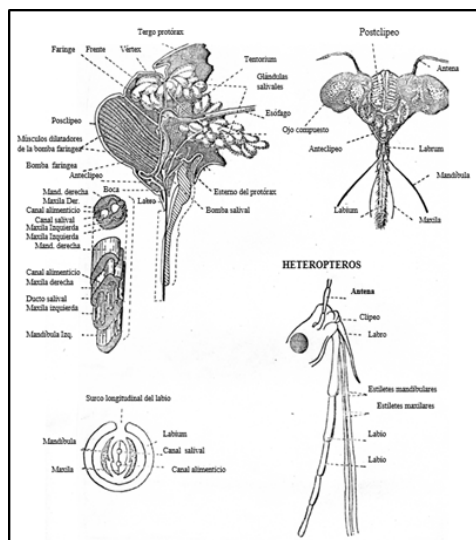
La importancia agrícola de su estudio se debe a que el daño que realizan no es solo directo, sino también indirecto, por cuanto son vectores de virus,

bacterias y hongos que pueden transmitir importantes enfermedades a las plantas, animales e incluso al hombre. Ej. *Nezara viridula* “Chinche verde de las hortalizas” se comporta como transmisora del hongo *Nematospora corily* que produce la enfermedad conocida como: “**Mancha de levadura**” en el cultivo de soja.

- **Labro.** Pieza pequeña, no funcional situado en la base del rostro.
- **Mandíbulas.** Constituidas por un par de cerdas o estiletes punzantes, cuya función es la de perforar los tejidos vegetales o animales.
- **Maxilas.** Al igual que las mandíbulas tienen forma de estiletes, pero ranuradas internamente y en toda su longitud que, al adosarse, forman dos tubos: el canal alimentario y el ducto salival. Las maxilas quedan cubiertas por las mandíbulas.
- **Labio.** Es la pieza más notable. En forma de pico segmentado y abierto longitudinalmente, en cuyo interior se alojan los estiletes mandibulares y maxilares.

***Piezas más activas:** Mandíbulas y Maxilas transformadas en estiletes.

Figura N° 27. Aparato bucal picador-suctor.



Fuente: Metcalf y Flint, 1965.

Relación del Aparato bucal con el estudio de la anatomía interna del insecto

Cavidades Preestomodeales presentes: cibario y salivario.

- **El cibario.** En los insectos con aparato bucal picador-suctor, el cibario se transforma en una bomba chupadora con la que absorben los líquidos (savia, sangre o hemolinfa). Cada estilete maxilar está doblemente acanalado en su interior en toda su longitud de modo que, al unirse entre sí, originan dos tubos: un tubo dorsal o canal suctor por donde asciende el alimento succionado por la bomba faríngea, y otro salival. Los estiletos maxilares están rodeados por los mandibulares, formando entre los cuatro una sola cerda.

Figura N° 28. Cibario.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

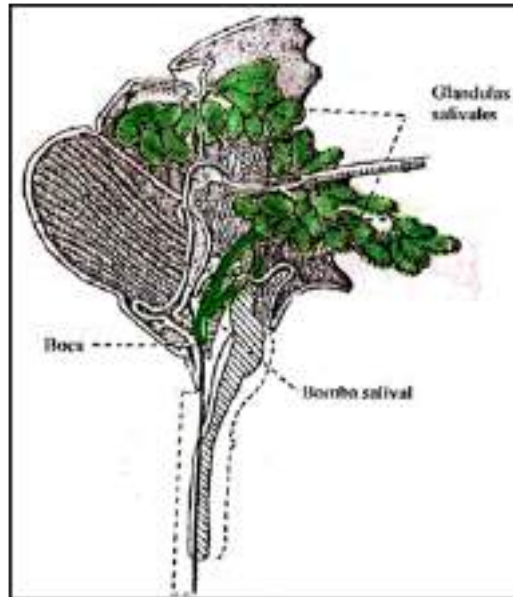
Figura N° 29. Corte longitudinal del canal alimenticio en aparato bucal picador-suctor.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

- **El salivario.** En insectos con aparato bucal picador-suctor de cuatro cerdas como el de las “chinchas”, el salivario es una bomba o jeringa salival con la que inyectan saliva a través del Canal Salival.

Figura N° 30. Glándulas salivales en aparato bucal picador-suctor:



Fuente: Metcalf y Flint, 1965.

Funcionamiento del Aparato bucal picador-suctor

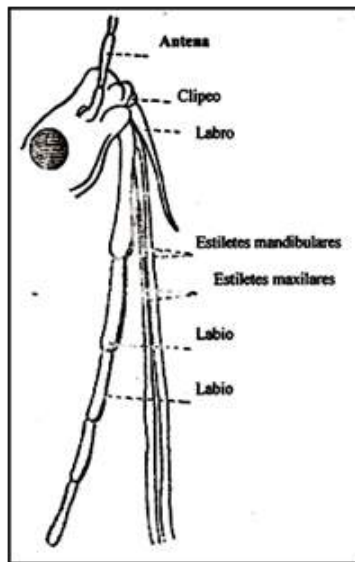
La aguja biperforada se introduce en el tejido permaneciendo afuera el labio. Una inyección de saliva a presión rompe los vasos capilares, se produce la hidrólisis de los hidratos de carbono y se pueden llegar a plasmolizar las células vegetales, lo que facilita la penetración de las cerdas bucales, produciendo como resultado una herida. A ella concurren los jugos nutritivos que son absorbidos por el otro canal y bombeados hacia la faringe. Así se alimentan, por ejemplo, las cochinillas.

Aparato bucal picador-suctor en insectos predadores

¿Cómo puedo diferenciar el aparato bucal picador-suctor de un fitófago del que poseen los insectos predadores? ¿Es el mismo?

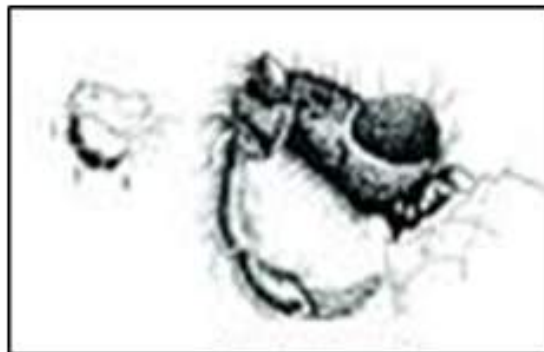
No, no es el mismo, aunque sí tienen las mismas piezas. En los insectos predadores, el aparato bucal tiene forma de gancho y está formado por tres segmentos que no se adosan a la región ventral del cuerpo. El **insecto fitófago** se alimenta de **savia**, mientras que el **insecto predador** lo hace de la **hemolinfa** de su presa.

Figura N° 31. Labio de un insecto picador-suctor fitófago.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019

Figura N° 32. Labio de un insecto predador.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Figura N° 33: Chinche predadora alimentándose de su presa.

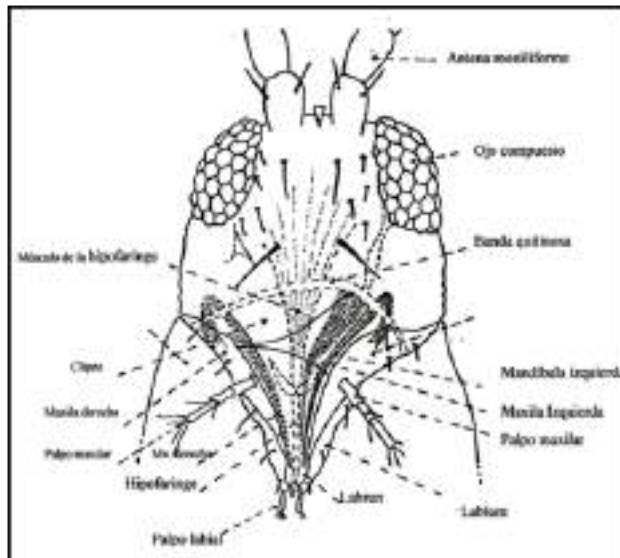


Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Aparato bucal raspador-suctor o Raedor Thysanoptera “Trips”

Este tipo de aparato bucal es intermedio entre los dos anteriores. En estos insectos, el cono bucal presenta tres estiletes cada uno dentro de una bolsa especial, por eso se denomina de tres cerdas o triqueta.

Figura N° 34. Aparato Bucal raspador-suctor.



Fuente: Metcalf y Flint, 1965.

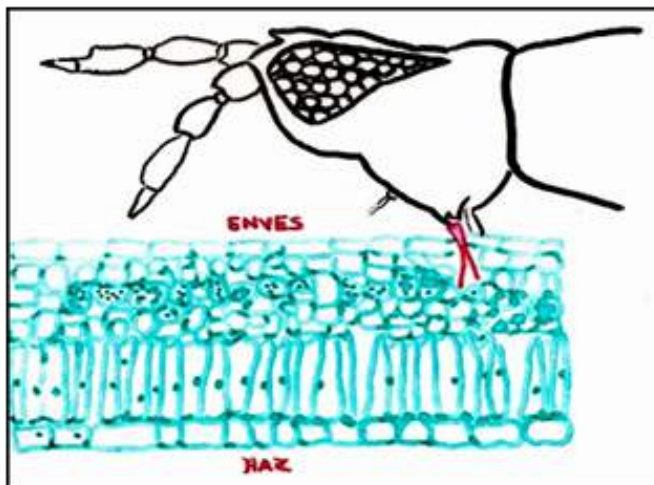
- **Labro.** Constituye la cara frontal del cono bucal.
- **Mandíbula.** La derecha, atrofiada o ausente. La izquierda, transformada en un estilete de sección circular, cuya función es la de perforar los tejidos epidérmicos.
- **Maxilas.** La porción basal de ambas forma los lados del cono bucal y las lacinias, dos estiletes de sección en forma de C, que enfrentados constituyen el canal alimentario. Palpos maxilares presentes.
- **Hipofaringe.** Pieza corta y ancha o muy larga. En este último caso, con la extremidad apical aguda y presentan en su base un surco por el que corre la mandíbula.
- **Labio.** Constituye la cara posterior del cono bucal. Palpos pequeños.

***Piezas más activas:** Mandíbula izquierda y Maxilas.

***Función:** Perforar los tejidos epidérmicos y succionar.

Los Trips fitófagos se alimentan de contenidos o jugos celulares.

Figura N° 35. Trips alimentándose del tejido vegetal.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

¿Cómo funciona el aparato bucal de un trips?

Para alimentarse, el insecto dobla sus patas y aplica el **cono bucal** sobre el tejido del huésped. Por movimientos del cuerpo, hace presión sobre el **cono bucal**.

Primero introduce el **estilete mandibular** que lacera las células, **inyecta saliva a presión** con la hipofaringe, ya que allí vierten su contenido las glándulas salivales que se encuentran a ambos lados de la faringe. Causa una lisis o disolución de las células.

Luego, con los **estiletos maxilares**, succiona la mezcla de saliva y jugo alimenticio (**contenido celular**).

La importancia agrícola de su estudio es que este orden de insectos produce los siguientes daños:

- Daños directos al perforar la cutícula y raspar las células parenquimáticas para alimentarse de los jugos celulares de numerosas especies vegetales.
- Daños indirectos al comportarse como vectores de virus y bacterias. Esto ocasiona enfermedades virósicas o bacterianas en las plantas. Ej. *Frankliniella schultzei* "Trips del tomate" transmisor de la enfermedad conocida con el nombre de: **Peste negra del tomate**.

Bibliografía

Citada

GALLARDO, C.; TAPIA, S.; AGOSTINI, S. y MEDINA, O. (2019). *Aparatos bucales*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

MARANHAO, Z. C. (1978). *Morfología general dos insectos*. Sao Paulo, Brasil: Libreria Novel S. A.

METCALF, C. L. y FLINT, W. P. (1965). *Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control*. (Trad. 4.^{ta} ed.). México: Comp. Edit. Continental S. A.

QUINTANA DE QUINTEROS, S. (2011). *Aparatos bucales*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

Consultada

FERNÁNDEZ, R.; PASQUALINI, A. y NAZCA, A. (1993). *Los insectos. Morfología externa*. Serie didáctica N° 64. Fac. de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán.

QUINTANA de QUINTEROS, S.; GALLARDO, C. y TAPIA, S. (2017). *Zoología Agrícola. Plagas de los principales cultivos del NOA*. Jujuy: EDIUNJu.

METAMORFOSIS

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Claudia Gallardo

La **metamorfosis** se define como los **cambios** de forma que experimenta la mayoría de los insectos desde su **nacimiento** hasta alcanzar el **estado adulto** o **imago**.

Ontogenia, Ciclo biológico o **Ciclo vital**: es la denominación que se le da al **proceso de desarrollo de un insecto** que comienza con la **primera división celular del huevo** y termina con la **muerte del individuo**.

En el Ciclo biológico o Ciclo vital de un insecto se pueden distinguir durante la ontogenia 2 (dos) etapas dentro del desarrollo ontogénico:

1. **Período embrional**: comprende el desarrollo del embrión en el interior del huevo. Abarca desde el comienzo de la segmentación hasta la ruptura del corión.
2. **Período post-embrional**: se inicia con la eclosión o nacimiento del individuo y termina con la muerte del mismo.

Los cambios de forma que experimentan los insectos en el período **post-embrional** son los que tienen mayor importancia para la zoología agrícola. Aquí se reconocen 2 etapas:

- **Etapla preimaginal o de preadulto**: en esta etapa, los insectos toman gran cantidad de alimentos, aumentan de tamaño y acumulan reservas nutritivas para las actividades que desarrollarán durante su vida adulta. Ejs.: gayades, ninfas, náyades, larvas y pupas.
- **Etapla imaginal o del adulto**: la vida adulta está destinada a la perpetuación y dispersión de la especie. En esta etapa, se reproduce y, por lo general, se dispersa. Ej.: adulto o imago.

Durante la metamorfosis de los insectos, se reconocen etapas bien precisas a las que se denomina **estado**.

El **estado** es un período bien definido en el desarrollo de un insecto:

- Estado de **huevo**
- Estado de **ninfa**
- Estado de **larva**
- Estado de **pupa**
- Estado **adulto**

Figura N° 36. Larvas de insectos holometábolos



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

En cambio, el **estadio** es el período comprendido entre dos (2) mudas. Esto ocurre en los estados de **larva** y de **ninfa**.

El número de estadios y su duración varían según cuáles sean las especies y las condiciones ambientales (agroecológicas).

Debido a la inextensibilidad del tegumento y al aumento de tamaño los insectos deben renovarlo periódicamente. Esto es lo que se conoce con el nombre de muda o ecdisis.

Figura N° 37. Muda o ecdisis.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Durante la muda o ecdisis se produce:

- el desprendimiento del exoesqueleto, esto sucede a intervalos;
- el cambio del tegumento debido al aumento de tamaño del insecto;
- el cambio periódico de la cutícula del exoesqueleto de los insectos, permite el crecimiento del mismo.

El tegumento expulsado durante el proceso de muda o ecdisis se llama **exuvia o pelecho**.

El Sistema Glandular también llamado Sistema Endócrino está directamente relacionado con la metamorfosis de los insectos. Está integrado por un conjunto de **glándulas productoras de hormonas** circulantes que no son otra cosa que glándulas de secreción interna.

Las **Glándulas Endócrinas** vierten sus secreciones en la **hemolinfa** y distribuyen las hormonas a todas las partes del cuerpo e influyen en el funcionamiento de todos los sistemas orgánicos.

Las principales hormonas distribuidas son:

- La **Ecdisona**, que interviene en el proceso de la **Muda**.
- La **Juvenil o Neotenin (Neotenina)**, que evita que el insecto alcance el estado adulto.

Debemos recordar entonces que los procesos de **metamorfosis** y de **ecdisis** son de naturaleza hormonal. Estos fenómenos están gobernados por hormonas endócrinas producidas por **glándulas** desprovistas de un conducto propio.

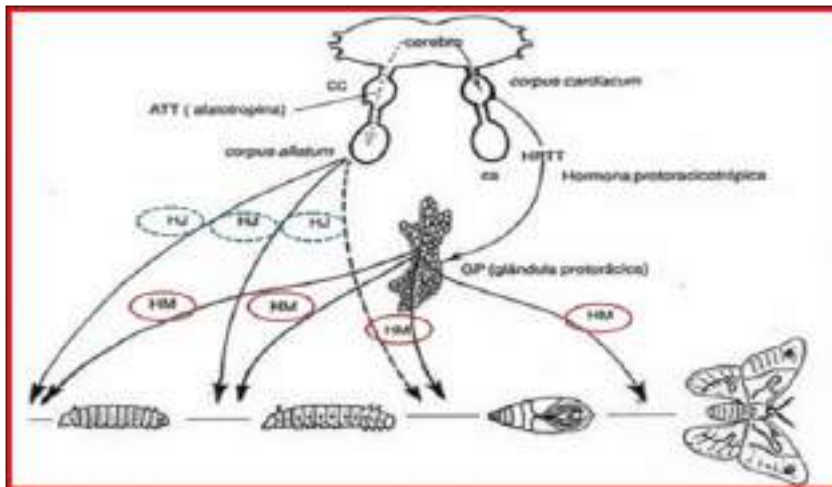
Las principales **Glándulas de secreción interna** son las **Glándulas Retrocerebrales**.

- La Glándula **Corpora allata** (cuerpo alado) segrega la **Hormona Juvenil o Neotenin (Neotenina)**, que inhibe o retarda el paso hacia el estado adulto.
- La Glándula **Corpora cardíaca** (cuerpo cardíaco) dispuesto inmediatamente después del cerebro.
- La Glándula **Protorácica** se encuentra en el protórax y es la encargada de producir la hormona del crecimiento y de la **Muda o Ecdisona**. Es fundamental para el desarrollo de las estructuras adultas durante el período pupal.

El crecimiento y los cambios de forma de los insectos están gobernados por las 3 hormonas:

- La hormona cerebral o “**Corpora allata**”: cuyo efecto es **impedir** el desarrollo de las características del adulto. Evita que el insecto tenga una Metamorfosis precoz.
- La hormona juvenil o **Neotenin (Neotenina)**: durante la vida preadulta retarda el desarrollo de las estructuras del imago, asegurándose de este modo que se produzca un nuevo estadio juvenil después de la muda, cuando el insecto está en pleno crecimiento.
- La hormona de la muda o “**Ecdisona**”: es un esteroide que **induce** las mudas o ecdisis.

Figura N° 38. Producción y distribución de las hormonas que intervienen en la muda.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

La fuente productora de **Ecdisona** (hormona de la muda) es la **Glándula Protorácica** presente en larvas y pupas de insectos holometábolos. Esta glándula se encuentra en el protórax y es la encargada de producir la hormona de crecimiento y de la muda.

En los insectos de **Metamorfosis Completa**, la **ecdisona** es producida en todos los estadios larvales y, por última vez, en la fase de pupa.

En los insectos de **Metamorfosis Incompleta**, la producción de **ecdisona** alcanza hasta el último estadio ninfal.

En el estado adulto, las **Glándulas Protorácicas** degeneran y desaparecen, de este modo el insecto es incapaz de mudar de piel otra vez.

Período Embrional

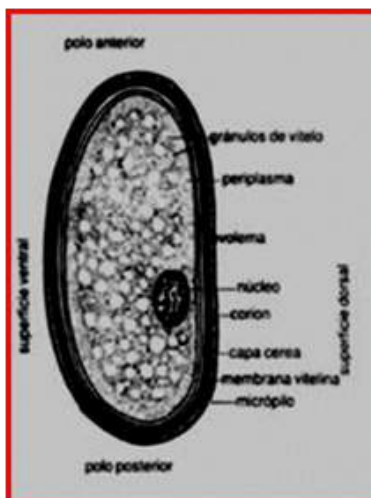
Estado de huevo

Es considerado el **1º Estado** de desarrollo de un insecto. Un **huevo** es una célula que resulta de la unión de un óvulo con un espermatozoide.

Los huevos poseen una cubierta externa (**corion**) de grosor variable, que puede ser lisa o con relieves diversos. Esta cobertura es impermeable al agua.

Los **micrópilos** son diminutos poros ubicados, generalmente, en uno de los extremos del huevo, por donde se efectúa el intercambio de gases y la humedad. A través de los micrópilos se produce el ingreso de los espermatozoides.

Figura N° 39. Huevo, constitución externa e interna.

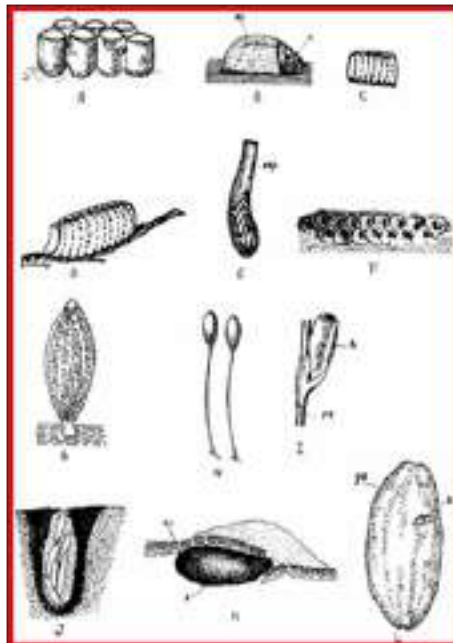


Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

En las especies partenogenéticas no hay producción de huevos, pero sí hay producción de **oocitos**, que es el nombre con el que se designa al **óvulo** de los insectos partenogenéticos (individuo uniparental).

La forma, el color, el tamaño, el número y la disposición de los huevos son características que tienen las diferentes especies de insectos. En cuanto a su forma pueden ser esféricos, ovoides, cilíndricos, dispuesto en forma de escama, cupuliformes, largamente pedunculados, etc.

Figura N° 40. Diferentes tipos de posturas.



Nota: A) Forma de barril, B) Ooteca cerrada, C y D) Ooteca abierta,
E) Postura hipodámica, F y G) Huevos cónicos, H) Huevo pedunculado,
I) Ooteca cerrada, J) Postura endofítica, K y H) Ooteca

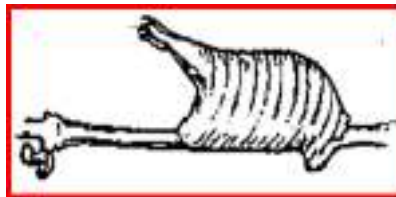
Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

El tamaño es diverso, aunque en general se hallan en relación inversa al número de huevos colocados por la hembra. Generalmente son muy pequeños, no pasan de 1 mm de longitud, aunque los huevos de invierno de los pulgones miden algunos cm.

La coloración de los mismos también es variable, muchos son translúcidos y allí es posible observar el desarrollo del embrión a través del corion; otros son blancos, anaranjados, amarillos, rojos, etc.

La **Ooteca** es un estuche o cubierta protectora de los huevos, adheridos entre sí por sustancias viscosas, secretadas por las Glándulas accesorias del Aparato Reproductor femenino.

Figura N° 41. Ooteca cerrada de Mantodeos.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

¿La colocación de huevos puede producir daños en las plantas?

La colocación de huevos de *Anastrepha* y *Ceratitis* (Orden: Diptera), en frutos cítricos, provoca que estos frutos pierdan valor ya que afecta el aspecto cosmético de los mismos.

Otro ejemplo es *Proarna bergi* “Chicharrita de la caña de azúcar”: con su ovipositor provoca heridas en los tallos tiernos y nervaduras centrales de las hojas.

Tipos de posturas

Las **posturas** que realizan los insectos se clasifican en:

- Hipodáficas (las realizan bajo el suelo). Ej. Ortoptera (langostas, grillos topo, tucuras).
- Hidrófilas (las realizan en el agua). Ej. Hemiptera – Heteróptera (chinche de agua).
- Epidáficas (las realizan sobre el suelo). Ej. Lepidóptera (oruga de la hoja del algodón).
- Endofíticas (las realizan dentro de los tejidos vegetales). Ej. Diptera (moscas de los frutos).

Período Post-embrional

Este período comprende 2 etapas: la etapa Pre-imaginal y la Imaginal.

La etapa Pre-imaginal

Se inicia con la eclosión de la **larva** o **ninfa** y termina con el nacimiento del adulto. Es el período de crecimiento del insecto, donde siempre está activo y se alimenta. Este es el tiempo durante el cual el insecto está inmaduro y se va transformando, gradualmente, en un organismo adulto.

Estado de larva

Es la 1.^a fase post-embrionaria de los insectos Holometábolos (**Metamorfosis completa**).

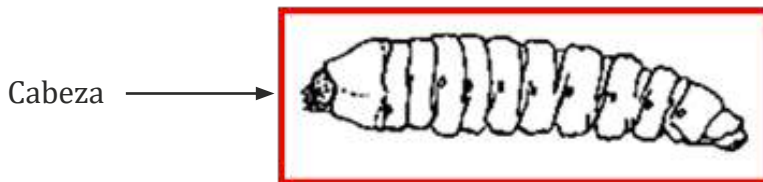
- Son estados pre-imaginales activos de insectos progénicos.
- Difieren marcadamente de los adultos morfológica, ecológica y etológicamente.
- Se caracterizan por tener intenso crecimiento, tanto en tamaño como en ganancia de peso.

Tipos de larvas

1. Larvas ápodas: no poseen apéndices locomotores. Estas larvas, por su **forma**, se clasifican en:

- **Larva apoidiforme:** se caracteriza porque presenta una cabeza esclerosada salida del tórax. Viven en celdas protegidas en el interior del nido alimentadas por sus padres. Ejs.: abejas, avispas y algunas formas parasíticas.

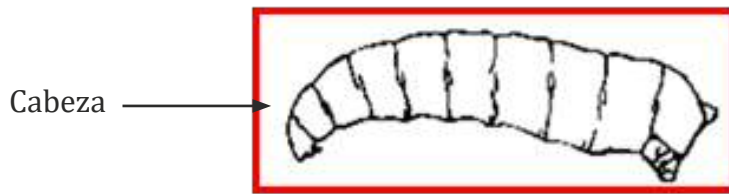
Figura N° 42. Larva apoidiforme. Hymenoptera: abejas y avispas.



Fuente: Modificada de Terán, 1974.

- **Larva vermiforme o muscoide** (queresas): su aparato bucal está formado por ganchos quitinosos. Es alargada, cilíndrica, aguzada en el extremo oral y truncada gruesa en el extremo anal.

Figura N° 43. Larva vermiforme. Diptera: Mosca de los frutos.



Fuente: Modificada de Terán, 1974.

- **Larva curculioniforme**: casi siempre subterráneas o minadoras, presentan forma de “C” o de “U”. Cuerpo rollizo, corto, encorvado; cápsula cefálica pequeña, quitinizada. Color blanco lechoso.

Figura N° 44. Larva curculioniforme. Coleoptera: Curculionidae: Picudos.



Fuente: Modificada de Terán, 1974.

2. Larvas oligópodas: poseen 3 pares de patas torácicas. Por su forma pueden ser:

- **Larva escarabeiforme:** el cuerpo es cilíndrico, encorvado, con forma de media luna; cápsula cefálica bien desarrollada; patas más o menos largas, pero poco funcionales. En el extremo del abdomen se observa la cámara de fermentación. Se encuentran en los Coleópteros de la Familia: Escarabeidae.

Figura N° 45. Larva escarabeiforme. Coleoptera: Escarabeidae.



Fuente: Modificada de Terán, 1974.

- **Larva cerambiciforme:** aquí el cuerpo es anillado, blando, con el protórax algo dilatado y aplanado del cual sobresale la cápsula cefálica y las mandíbulas. Patas reducidas a muñones. Presente en los Coleópteros de la Familia: Cerambicidae.

Figura N° 46. Larva cerambiciforme. Coleoptera: Cerambicidae.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Larva elateriforme:** larva alargada, cilíndrica, cuerpo bastante quitinizado, coloreado; se encuentra en suelos húmedos y pesados. El ápice del abdomen es cónico con proyecciones dentadas. Presente en Coleópteros de la Familia: Elateridae.

Figura N° 47. Larva elateriforme. Coleoptera: Elateridae.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Larva carabiforme:** larva alargada, aplanada, con patas torácicas cortas, segmentos torácicos y abdominales bien marcados. Bastante activa, algunas pueden vivir en el suelo o en las hojas y son predatoras. Se podría confundir con una ninfa, pero la larva no presenta pterotecas. Presente en Coleópteros predadores de las Familias: Carabidae y Coccinellidae.

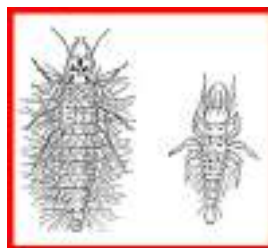
Figura N° 48. Larva carabiforme. Coleoptera: Carabidae – Coccinellidae.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Larva tisanuriforme:** posee el cuerpo aplanado o fusiforme, con patas largas y, a veces, apéndices caudales. La región anterior presenta el aparato bucal masticador modificado y las mandíbulas son en forma de hoz largas, delgadas y puntiagudas.

Figura N° 49. Larva tisanuriforme. Neuroptera: Crisopidae.



Fuente: Quintana de Quinteros *et al.*, 2017.

3. Larvas polípodas: poseen 3 pares de patas torácicas y al menos 3 pares de falsas patas abdominales. Por su forma pueden ser:

- **Larva eruciforme:** presentan 3 pares de patas torácicas funcionales y 3 a 5 pares de falsas patas o espuripedios. Cabeza retraída bajo el tórax, bien visible. Cuerpo alargado, cilíndrico. Las falsas patas se ubican en el 3.^{er}, 4.^{to}, 5.^{to}, 6.^{to} y 10.^{mo} urómero, siendo las falsas patas portadoras de ganchos o tubos carnosos llamados espuripedios.

Figura N° 50. Larva eruciforme. Lepidóptera.



Fuente: Terán, 1974.

- **Larva limaciforme:** poseen 7 a 8 pares de patas abdominales y 3 pares de patas torácicas. El tegumento de esta larva está protegido por una sustancia mucosa de color oscuro que le da el aspecto de babosa. Las patas abdominales no poseen espuripedios.

Figura N° 51. Larva limaciforme. Hymenoptera.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Estado de pupa

Es la 2.^a fase Post-embrionaria de insectos Holometábolos. Se produce únicamente en estos insectos.

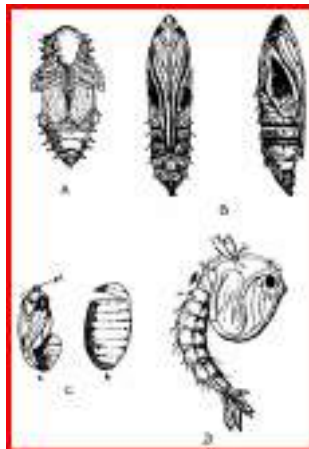
Es un estado Pre-Imaginal inactivo. De **aparente quietud**, es decir, no se alimentan; los procesos respiratorios y circulatorios son bastante limitados y poseen escasa o nula movilidad.

Durante este estado ocurren dos procesos:

- PROCESOS**
- **Histólisis:** Destrucción o disolución de tejidos larvarios. Solo el sistema nervioso, el vaso dorsal y ciertas porciones del aparato digestivo permanecen inalterados.
 - **Histogénesis:** Formación de tejidos del adulto: Aparato bucal, apéndices locomotores y órganos genitales.

Existen diferentes tipos de pupa dependiendo del orden del insecto a estudiar. Por ejemplo, pupas coartadas en Diptera, obtectas suspensas o succintas en Lepidóptera, complejas en Díptera: Culicidae, etc.

Figura N° 52. Tipos de Pupa.



Nota: A) Pupa Libre; B) Pupa Obtecta;

C) Pupa Coartada; D) Pupa Compleja.

Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

Tipos de pupas

- **Pupa libre o exarata:** posee las patas, las alas y las antenas envueltas en fundas especiales o membranas. Las membranas que cubren las antenas reciben el nombre de **ceratotecas**, las que cubren las patas, **podotecas**, y las alas, **pterotecas**. Este tipo de

pupa está presente en el orden Hymenoptera: hormigas, abejas y avispa.

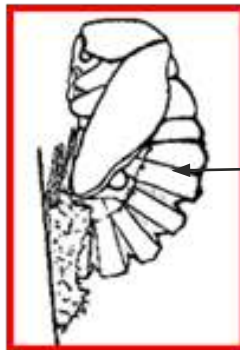
Figura N° 53. Pupa libre. Hymenoptera: Formicidae.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

También encontramos pupas libres en los representantes del orden: Coleoptera Familia: Coccinelidae, donde la larva queda incluida en el último pelecho o exuvia larval que se adhiere al sustrato por medio de una sustancia adhesiva.

Figura N° 54. Pupa libre. Coleoptera: Coccinelidae.

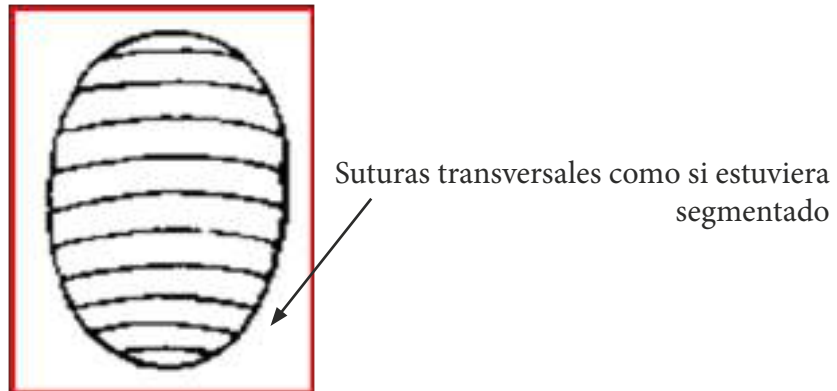


Último pelecho larval

Fuente: Gallardo *et al.*, 2019

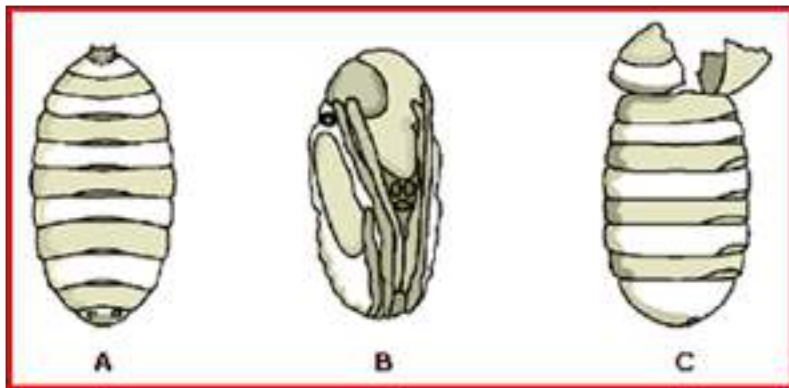
- **Pupa coartada o comprimida:** es aquella pupa que se halla totalmente incluida en el último pelecho larval que se endurece y toma la forma de un grano de trigo.

Figura N° 55. Pupa Coartada o comprimida. Diptera: Teplitidae.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Figura N° 56. Pupario y sus modificaciones externas e internas.



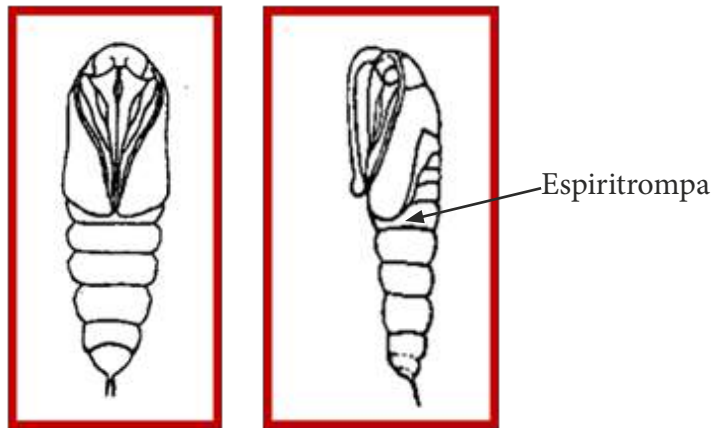
Nota: A) Pupario (“Envoltura Pupal”) mostrando restos de los espiráculos posteriores y anteriores del estadio larvario; B) Pupa que se desarrolla en el interior del pupario; C) Pupario después de que la mosca adulta ha emergido a través de la fisura anterior.

Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

- **Pupa obtecta o cubierta:** esta pupa posee apéndices íntimamente pegados al cuerpo. Es típica de los Lepidópteros. Reciben el nombre

de “Crisálidas”. Las pterotecas, podotecas y ceratotecas están bien adheridas al cuerpo. El abdomen tiene cierta movilidad. Este tipo de pupa o crisálida es desnuda sin ningún tipo de protección. Puede encontrarse en el suelo como en la Familia: Noctuidae.

Figura N° 57. Pupa Obtecta o cubierta de frente y de perfil Lepidóptera.



Fuente: modificada de Terán, 1974.

- **Pupa obtecta suspensa:** aquí el cremáster mantiene a la pupa suspendida con la cabeza hacia abajo. Es típica de Lepidópteros como *Danaus plexippus*: “Mariposa monarca”, en ellas la pupa es fija o cubierta de color turquesa.

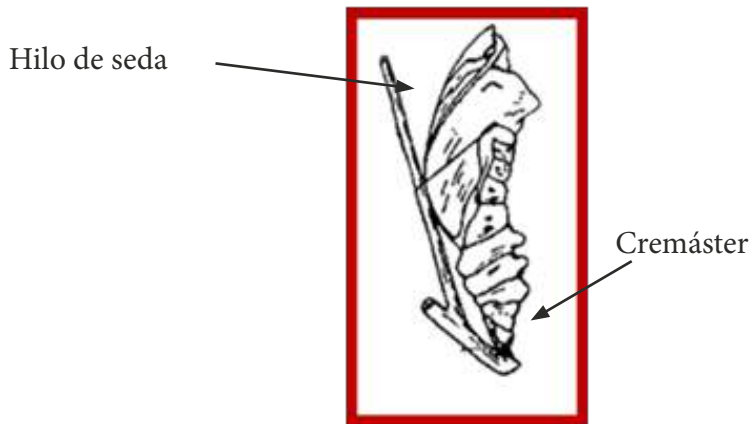
Figura N° 58. Pupa Obtecta suspensa. Lepidóptera: Mariposa Monarca.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Pupa obtecta succinta:** aquí la última larva teje un hilo de seda que ayuda a sujetar la pupa a una rama y el cremáster la fija por la región posterior al vegetal. Ej. Lepidópteros, Familia: Pieridae "*Colias lesbia*".

Figura N° 59. Pupa Obtecta succinta. Lepidóptera: *Papilio thoas*.



Fuente: modificada de Terán, 1974.

Estado de ninfa

La fase de ninfa o náyade es la primera fase post-embrionaria de los insectos Heterometábolos.

Características sobresalientes:

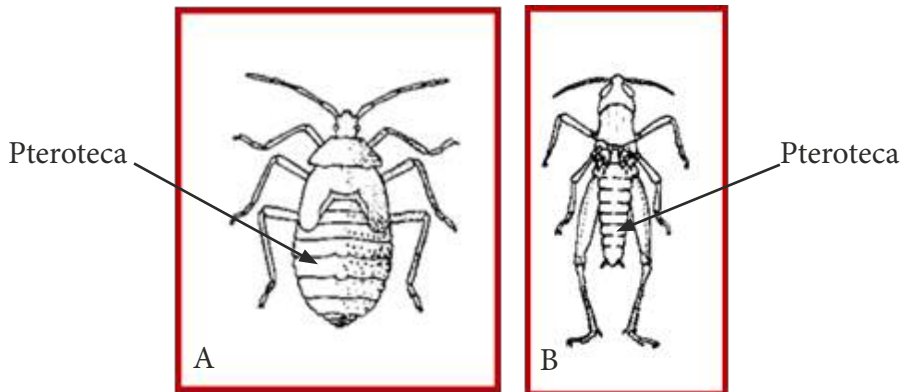
- Insectos **Ortogénicos**: abandonan el huevo en avanzado estado de desarrollo embrional.
- Se parecen bastante a los adultos.
- Poseen ojos compuestos.
- Son **Exopterigotos**.
- Tiene el mismo número de piezas bucales que el adulto.

Tipos de ninfas

Las ninfas de insectos pueden ser paurometábolos, hemimetábolos o hipometábolos.

- **Heterometábolos - Paurometábolos:** aquí las pterotecas son dorsales. A medida que pasan los distintos estadios comienzan a aparecer los esbozos alares. Se producen algunos cambios de color con respecto al estado adulto. Tanto las ninfas como los adultos tienen el mismo régimen de vida: terrestre. Respiran por tráqueas.

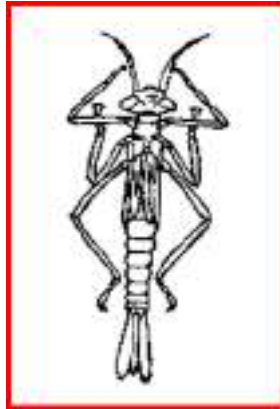
Figura N° 60. Ninfas de Hemiptera: A) Heteroptera y B) Orthoptera.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Heterometábolos - Hemimetábolos:** son insectos con estados preimaginales de vida acuática. Difieren de los adultos en forma más marcada que las ninfas. La presencia de branquias, la modificación del labio que se transforma en una máscara para atrapar presas, el color y la forma del cuerpo las aparta de la morfología y comportamiento de los adultos.

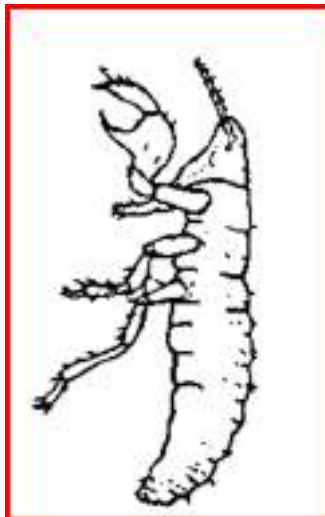
Figura N° 61. Ninfa Hemimetábola. Odonata: Libélulas.



Fuente: Terán, 1974.

- **Heterometábolos - Hipometábolos:** formas juveniles (ninfas) de hábito subterráneo. Adultos aéreos o terrestres. Presentan el 1.^{er} par de patas de tipo fosor o cavador.

Figura N° 62. Hemiptera: Auchenorrhyncha. Cicadidae: Chicharras.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Etapa Imaginal o estado adulto

Es el último estado de desarrollo en la vida de un insecto. Se reconocen tres (3) períodos:

Pre-reproductor: desde la emergencia del adulto hasta el apareamiento.

Reproductor: comienza con la cópula hasta el fin de la oviposición en las hembras y última cópula del macho.

Pos-reproductor: desde el fin de la oviposición o cópula hasta la muerte del individuo.

El insecto solo puede reproducirse en estado adulto, por lo tanto, la reproducción le permite cumplir con 2 funciones:

- Perpetuación de la especie
- Dispersión

Tipos de reproducción

Reproducción sexual: para que se produzca este tipo de reproducción es necesario el encuentro entre el macho y la hembra. En otras situaciones podemos encontrar los dos sexos en un mismo individuo. En este caso hablamos de que el individuo es hermafrodita. Ej. *Icerya purchasi* “Cochinilla acanalada australiana”.

Reproducción asexual: no hay encuentro entre el macho y la hembra. Decimos entonces que hay partenogénesis. Las hembras no son fecundadas por los machos. En caso de que esas hembras coloquen huevos, estos reciben el nombre de **Oocitos** (son huevos no fecundados).

Existen tres tipos de partenogénesis:

- **Telítoca:** Origina solamente hembras. Ej.: los parasitoides del Orden: Hymenoptera: Género *Aphytis*.
- **Arrenótoca:** Origina solamente machos. Ej.: los zánganos de las abejas del Orden: Hymenoptera.
- **Deuterótoca:** Origina individuos de ambos sexos. Ej.: los representantes del Orden: Hemiptera - Sternorrhyncha - Familia: Aphididae: “pulgones”.

Algunas hembras de insectos retienen caracteres juveniles y poseen aspecto “larviforme” y así pueden reproducirse. Este proceso se conoce con el nombre de **Neotenia**. Ej.: se presenta en muchas Cochinillas (Hemiptera - Sternorrhyncha - Familia: Coccidae).

Multiplicación de los insectos

La multiplicación en los insectos puede ser:

Ovípara: cuando las hembras depositan huevos u oocitos.

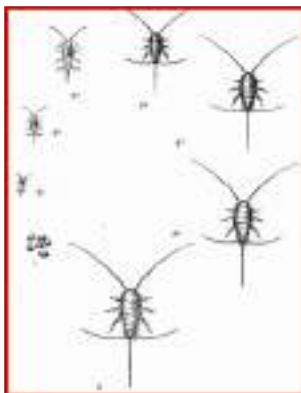
Vivípara: cuando el desarrollo embrionario es completado dentro del cuerpo de la madre. Paren ninfas. Ej.: Orden Hemiptera - Sternorrhyncha. Familia: Aphididae: Pulgones.

Pupípara: cuando son larvas completamente formadas que se han alimentado dentro de la vagina de la madre con el producto secretado por las “glándulas accesorias” o “de leche”. Estas larvas empupan inmediatamente después de ser expulsadas por la hembra. Ej.: Orden: Diptera.

Tipos de Metamorfosis

Tenemos en el mundo animal insectos **Ametábolos**, es decir, **sin metamorfosis**, y **Apterygota**, **sin alas**. No manifiestan cambios morfológicos apreciables, excepto en tamaño. Los estados preimaginales se denominan “gáyades”.

Figura N° 63. Insectos Ametábolos. Ciclo de vida.



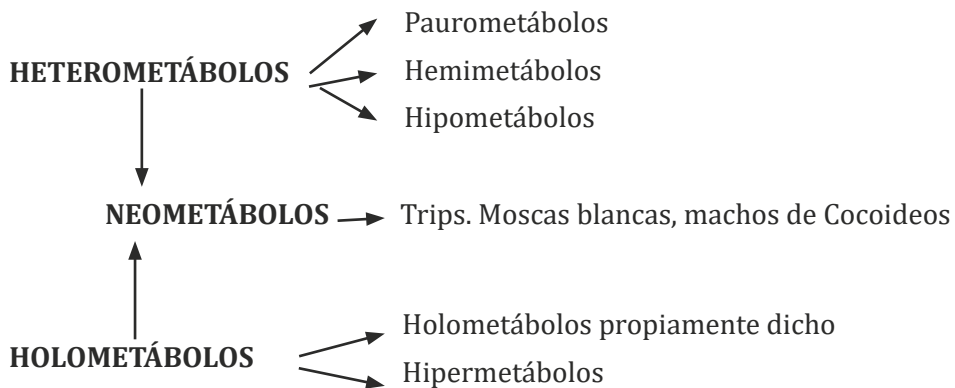
Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

Por el contrario, los insectos que sí presentan metamorfosis se denominan: **Pterigotos-Metábolos**: pueden ser **Heterometábolos** u **Holometábolos**.

Figura N° 64. Insectos Metábolos. Ciclo de vida.



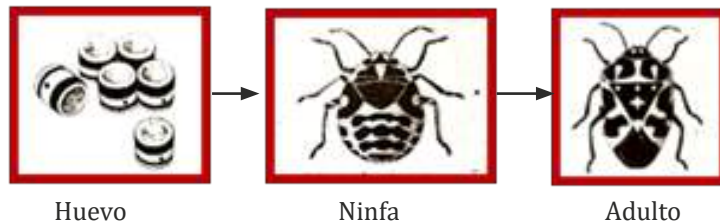
Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.



Insectos Heterometábolos con Paurometabolia

Estos insectos presentan una metamorfosis incompleta o heterometabolia. Durante su **Ontogenia** pasan por **tres estados**.

Figura N° 65. Insectos Heterometábolos: Paurometábolos. Hemiptera: Heteróptera.

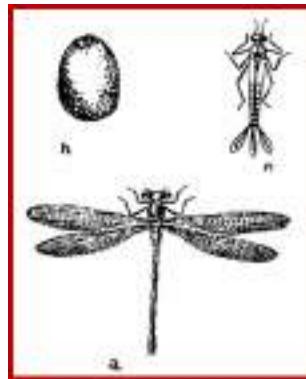


Fuente: Gallardo *et al*, 2019.

Son insectos **Exopterigotos** porque desarrollan alas, y **Ortogénicos**, porque los juveniles nacen en un estado avanzado de desarrollo, por lo tanto, los estadios ninfales se parecen al adulto.

Figura N° 66. Insectos Heterometábolos: Hemimetábolos. Odonata:

Caballitos del diablo.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

Insectos Holometábolos

Estos insectos presentan metamorfosis completa propiamente dicha. Durante su **Ontogenia** pasan por **cuatro estados**. Son **Endopterigotos**, ya que carecen de alas, y **Progénicos**, porque nacen en un estado temprano de desarrollo, por lo tanto, los estados juveniles son completamente diferentes al adulto.

Figura N° 67. Insectos Holometábolos: Hipermetábolos. Presentan dos tipos de larvas. Coleoptera: Bruquidae.

Larva de 2° a 5° estadio. Larva ápoda encargada de consumir el alimento.



1ª Larva
Posee 3 pares de patas, oligópoda, encargada de llegar a la fuente de alimento.

Fuente: modificada de Terán, 1974.

Figura N° 68. Holometabolía - Hipermetabolía. El Estado de Larva con tres formas larvales diferentes

Larva - L6
Ápoda
Carabeiforme



1ª Larva Oligópoda
Triangulino
Activa - Benéfica

Larva
L2 L3 L4 y L5 Oligópoda
Escarabeiforme

Fuente: Quintana de Quinteros *et al.*, 2017.

Ciclo de vida o vital

El desarrollo Ontogénico de un individuo constituye su Ciclo vital o Ciclo de vida. Una especie puede tener una o varias generaciones por año. La especie es univoltina, si posee una generación por año. Como, por ejemplo, en Orden Hymenoptera: Familia: Siricidae: *Sirex noctilio*, Orden Coleoptera: Familia: Curculionidae: *Sternechus subsignatus*, etc. Por el contrario, es polivoltina, si posee varias generaciones por año. Por ejemplo, Orden Diptera: Familia: Tephritidae: *Ceratitis capitata*, Orden Thysanoptera: Familia Thripidae: *Trips tabaci*, etc.

Se llama Ciclo Estacional al conjunto de generaciones que, por año, presenta una especie.

Figura N° 69: Ciclo de vida de *Ceratitis capitata*
"Mosca del mediterráneo" - Especie Polivoltina.



Fuente: Quintana de Quinteros *et al.*, 2017.

Bibliografía

Citada

GALLARDO, C.; TAPIA, S.; AGOSTINI, S. y MEDINA, O. (2019). *Metamorfosis*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

QUINTANA de QUINTEROS, S. (2011). *Anatomía y Fisiología de Insectos*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

QUINTANA de QUINTEROS, S.; GALLARDO, C. y TAPIA, S. (2017). *Zoología Agrícola. Plagas de los principales cultivos del NOA*. Universidad Nacional de Jujuy. EDIUNJu.

TERÁN, A. L. (1974). *La metamorfosis de los insectos*. (Serie didáctica 34). Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT.

Consultada

TERÁN, A. L. (1974). *La metamorfosis de los insectos*. (Serie didáctica 34). Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT.

MORFOLOGÍA INTERNA

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Claudia Gallardo

Ing. Agr. Sebastián Agostini

Ing. Agr. Omar Medina

Introducción

El estudio de la morfología interna o anatomía de los insectos permite conocer los diversos órganos que se encuentran en la hemocele o cavidad del cuerpo y los sistemas que estos constituyen, donde tienen lugar importantes procesos biológicos.

La morfología interna se ocupa de estudiar la forma y constitución de esos órganos y sistemas, y la fisiología estudia su funcionamiento.

Para el manejo del cultivo, es importante su estudio a efectos de la elección de la mejor estrategia de control, ya que muchos órganos son afectados o constituyen vías de entrada para insecticidas, o bien son excitados por atrayentes, repelentes u otros productos empleados en el control de insectos.

Así, por ejemplo, en el intestino medio o mesenterón, se produce la absorción de los insecticidas estomacales; por los estigmas o espiráculos penetran los insecticidas respiratorios; los quimioesterilizantes y radiaciones ejercen su acción en los órganos sexuales; por zonas sensoriales y membranosas, donde las terminaciones nerviosas están más próximas a la superficie, ingresan los insecticidas neurotóxicos.

Desde el punto de vista agroecológico, la fisiología del insecto es de suma importancia para la agricultura. Conocer el funcionamiento del insecto y relacionarlo con las prácticas agrícolas que se realizan en un sistema productivo, es fundamental para prevenir plagas en general. Por ejemplo, si se entiende cómo los nutrientes solubles en la savia del huésped favorecen la nutrición del insecto, es posible frenar la rápida proliferación del fitófago

y evitar el uso de fertilizantes de alta solubilidad y cualquier agroquímico que desequilibre a la planta (Chaboussou, 1980; Restrepo, 2000; Machado, 2016).

Teniendo en cuenta los métodos de control que se han aplicado, los de uso común en la actualidad y las nuevas posibilidades logradas por la investigación, los sistemas de mayor importancia desde el punto de vista agronómico son los siguientes: digestivo, respiratorio, nervioso y reproductor.

Al respecto, Wigglesworth (1982: 1950) nos dice que “un conocimiento de la ecología de una especie siempre es necesario para su control efectivo; pero su ecología puede entenderse correctamente sólo cuando se conoce su fisiología. En este sentido, anatomía, fisiología y ecología no son separables”.

Sistema digestivo

A excepción de los estadios iniciales de algunos parásitos que absorben los nutrientes a través de la superficie corporal, todos los insectos tienen un sistema digestivo por el que pasan los alimentos.

Este sistema consta de dos partes: el canal alimentario y los órganos accesorios.

1. El **canal alimentario**, también llamado conducto o tubo digestivo, atraviesa la parte central del cuerpo, realizando un recorrido en forma recta o presentando una serie de circunvoluciones desde la abertura oral o boca hasta el ano.

En dicho tubo se diferencian (ver figuras 70, 71 y 72):

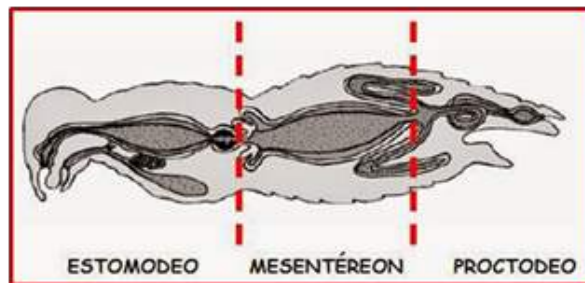
- Dos aberturas: boca y ano.
- Dos cavidades preestomodeales: cibario y salivario.
- Tres secciones: estomodeo, mesenterón y proctodeo.

Figura N° 70. Sistema digestivo aberturas y secciones.



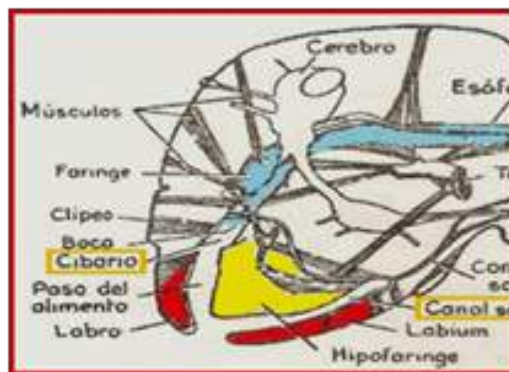
Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

Figura N° 71. Sistema digestivo las subdivisiones internas.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

Figura N° 72. Cibario o canal alimentario.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

2. Los **órganos accesorios** incluyen las glándulas salivares o labiales, los ciegos gástricos y los tubos de Malpighi.

Descripción del Sistema

El tubo digestivo se inicia en la boca, en cuyo fondo se encuentra la hipofaringe, que separa las dos cavidades preestomodeales: hacia arriba o parte anterior, el cibario, y hacia abajo o parte posterior, el salivario; ambas cavidades limitadas por la cara interna del labro, el cípeo, las mandíbulas y el labio.

El cibario es el lugar de paso de los alimentos que, en los insectos suctores, se transforma en una bomba chupadora con la que absorben líquidos (savia, sangre, etc.).

En el salivario, ubicado entre el labio y la cara posterior de la hipofaringe, desemboca el conducto salival, que viene de las glándulas labiales o salivares. Estas, en número par y dispuestas a cada lado del esófago, están formadas por un racimo de unidades más pequeñas, constituidas a su vez por células secretoras, cuyo contenido vierten en pequeños conductos que se reúnen en uno común a cada lado y termina en la cavidad preoral.

El salivario de los insectos masticadores es generalmente simple, pero a veces se modifica para cumplir diversas funciones: en larvas de lepidópteros, se transforma en una prensa de seda; en hemípteros y ciertos dípteros, constituye una bomba o jeringa salival con la que inyectan saliva. En los insectos que se alimentan de sangre, la saliva se mezcla con un anticoagulante, con el fin de mantener el alimento en estado líquido.

A continuación de la boca, se encuentra el estomodeo, también llamado intestino anterior, que se extiende hasta el mesenterón del cual se separa por la válvula estomodeal o cardíaca.

El estomodeo proviene de una invaginación del ectodermo, protegida por quitina, que se renueva en los procesos de muda. Histológicamente está constituido desde adentro hacia afuera por la íntima, que es una capa cuticular quitinosa, con pelos o dientes, dispuesta sobre una capa de células membranosas, el epitelio, una cubierta muscular formada por fibras longitudinales y otra capa de fibras circulares más externa.

Comprende, de adelante hacia atrás, una región poco definida que se denomina faringe, reconocida por los músculos dilatadores que, en los insectos suctores, se encuentran bien desarrollados. Le sigue el esófago, porción en forma de tubo, algo estrecho, que ocupa la parte de la cabeza y región anterior del tórax.

Por detrás del esófago se ubica el buche o molleja, que es una dilatación del tubo digestivo, a veces simple y otra con divertículos. En algunos lepidópteros nocturnos se presenta en forma de cámara esférica, y en algunos dípteros está separado del resto del estomodeo por un largo conducto.

El buche de los insectos masticadores se estrecha hacia el final, formando el proventrículo, el cual presenta pliegues más o menos quitinosos, provistos de espinas y dientes, siendo accionados por fuertes músculos. Estos procesos quitinizados, en insectos hematófagos como las pulgas, forman dientes planos dispuestos longitudinalmente.

Entre el proventrículo y el mesenterón se encuentra la válvula estomodeal o cardíaca, pliegue circular que se proyecta hacia el interior del mesenterón.

El mesenterón, corrientemente llamado estómago, es la porción media del canal alimentario y presenta la forma de un saco alargado simple, o bien en él se distinguen los ventrículos. Comienza en la válvula estomodeal y termina en la válvula pilórica. Se forma por una invaginación del endodermo, en donde la quitina no constituye una cubierta protectora (ver Figura N° 73).

Histológicamente, desde adentro hacia afuera, pueden observarse la presencia de células digestivas, de gran tamaño y regenerativas pequeñas, luego una membrana basal muy fina y, recubriendo a esta, una capa muscular de fibras circulares y otra más externa de fibras longitudinales. La disposición de las fibras es inversa a la capa muscular estomodeal.

El mesenterón presenta generalmente, en su extremo anterior, varias expansiones en forma de bolsillos llamados ciegos gástricos y, cuando estos no existen, el mesenterón se presenta replegado para aumentar la superficie de absorción.

El proctodeo constituye la parte posterior del aparato digestivo y se extiende a partir de la válvula pilórica. A semejanza del estomodeo, proviene

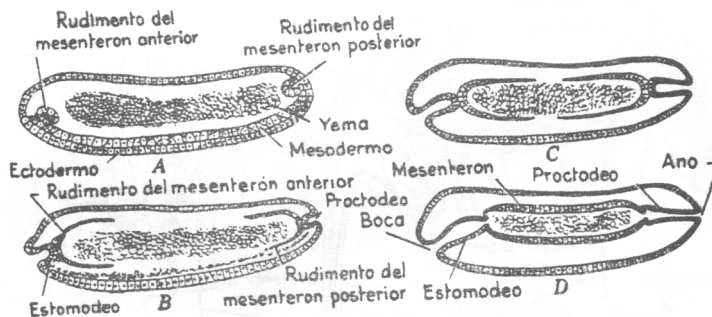
de una invaginación del ectodermo y está protegido interiormente por una capa de quitina, que se renueva con las mudas.

Consta, histológicamente, de las mismas capas celulares que el estomodeo (ver Figura N° 74); de adentro hacia afuera se encuentra la intima o cutícula que recubre el epitelio plano o cilíndrico; capas musculares de fibras circulares, que no siempre se hallan presentes, y capas musculares longitudinales.

En su porción anterior, a la altura de la válvula pilórica desembocan los tubos de Malpighi, órganos excretores largos o cortos, de forma tubular, delgados y muy retorcidos, que, en número variable según las especies, están agrupados en haces o ramilletes.

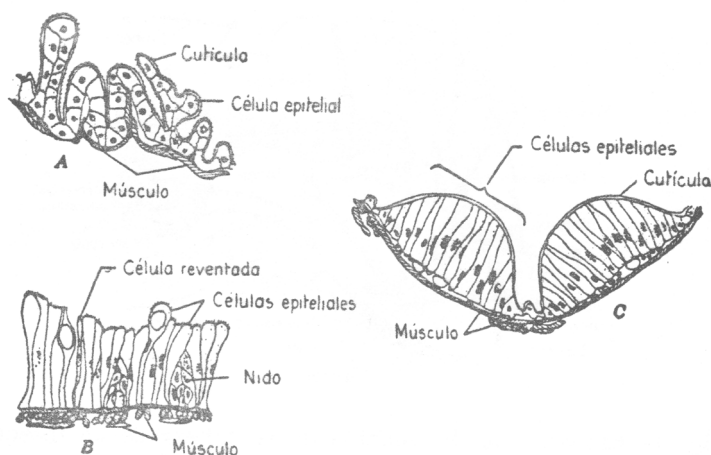
En el proctodeo se distinguen dos regiones: un intestino anterior, tubular, en donde en algunos insectos se nota una división en ileon y colon; y un intestino posterior, dilatado llamado recto, que generalmente presenta una fuerte musculatura. Este se conecta directamente con el ano, abertura posterior del tubo digestivo.

Figura N° 73. Formación embrionaria del tubo digestivo.



Fuente: Redibujado de Snodgrass, 1935.

Figura N° 74. Estructura celular de diferentes porciones del tubo digestivo.



Fuente: Ross, 1968.

Ingestión, digestión, absorción, asimilación y excreción

Los insectos se alimentan de diferentes sustancias orgánicas: de plantas (follaje, savia, madera, etc.), de animales (sangre, pelos, excrementos, etc.), de hongos, de jugos estériles, de suelo, etc. De allí que los mecanismos de alimentación, la estructura del sistema y los procesos químicos que se producen son diferentes para los distintos grupos.

La ingestión es el proceso por el cual la materia orgánica es separada del ambiente por medio de las piezas bucales. Una vez ingeridos, los alimentos sufren una digestión, siendo demolidos mecánica y químicamente. De esta manera pueden ser absorbidos y asimilados. Con la absorción, la materia orgánica es tomada por el cuerpo del insecto a través de las membranas limitantes y, con la asimilación, se convierte en parte integral del animal o es oxidada como fuente energética, eliminándose finalmente las sustancias tóxicas resultantes del metabolismo.

La fuente de energía está constituida por carbohidratos (almidones y azúcares), grasas y proteínas, que en el tracto digestivo sufren modificaciones según el tipo de alimento, variando consecuentemente las enzimas que intervienen.

El proceso digestivo o digestión comienza con la secreción de saliva, que se mezcla con el alimento ya sea este sólido o líquido.

La saliva contiene enzimas: una amilasa, que desdobra el almidón o maltosa, y una invertasa, que reduce la sacarosa a glucosa y fructosa; o bien en vez de enzimas se produce, en los insectos que se alimentan de sangre, un anticoagulante. A partir de la boca, el alimento se mueve gracias a una acción peristáltica (contracciones musculares de forma ondulatoria).

En el estomodeo se produce en general una digestión parcial, aunque en algunos insectos sirve solo como lugar de paso o como almacenamiento de la materia orgánica. En toda esta porción del tracto digestivo, la intima es prácticamente impermeable, razón por la cual no se efectúa el proceso de absorción. Solo en el proventrículo de algunos insectos, las espinas y dientes accionados por fuertes músculos son los encargados de desmenuzar el alimento. Allí también se mezcla con los fermentos digestivos provenientes del mesenterón, de naturaleza acida o alcalina, que son capaces de hidrolizar maltosa, lactosa, grasas, proteínas, polipéptidos, etc.

Entre el proventrículo y el mesenterón, la válvula cardiaca o estomodeal, además de regular la entrada de los alimentos al mesenterón e impedir su retroceso, pareciera que, por los pliegues que presenta, protege a las células formadoras de la membrana peritrófica del mesenterón, cuya descripción se realiza en los párrafos siguientes.

En el intestino medio se completa la digestión de los polipéptidos y se produce la absorción de los azúcares, aminoácidos, ácidos grasos, etc. En esta porción del canal alimentario, las células epiteliales, libres de toda protección quitinosa, son las encargadas de secretar fermentos.

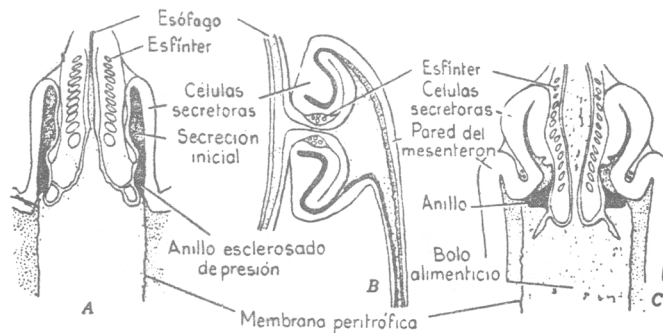
Entre las células epiteliales se distinguen dos grupos: las digestivas y las regenerativas. Las primeras, de gran tamaño, toman parte activa en la secreción y absorción (secreción holocrina) y las regenerativas, más pequeñas, que se disponen en racimos llamados nidos, reemplazan a las digestivas a medida que se destruyen (secreción merocrina).

El mesenterón, dado su epitelio desnudo y carente de glándulas mucosas, para evitar la absorción que le causaría el bolo alimenticio, se protege con la llamada membrana peritrófica (ver Figura N° 75).

Dicha membrana, de no menos de 0,5 micras de espesor, es una secreción quitinosa impregnada con proteínas y muy permeable. Constituye una especie de tubo que rodea al alimento y a la vez tapiza las células epiteliales, quedando separada de ellas por una capa de líquido. En algunos insectos se origina por la secreción de toda la superficie del mesenterón; en otros, por la secreción de las células del cardias, donde queda sujeta por su parte anterior.

A medida que el bolo alimenticio va atravesando el mesenterón, y el proctodeo, la membrana peritrófica va desplazándose hacia atrás hasta que se elimina con el excremento. En los insectos que se alimentan de savia o sangre, dicha membrana no se forma.

Figura N° 75. Formación de la membrana peritrófica.



Nota: A) Larva de mosquito *Anopheles* y B) Mosca tsé tse.

Fuente: Wigglesworth, 1978.

En el proctodeo se realiza la absorción de agua, que se recupera de la materia fecal al ser fuertemente comprimida por la acción de músculos y glándulas rectales y es devuelta a la sangre. En esta porción del intestino se produce también la absorción de iones, principalmente potasio y sodio.

La recuperación de agua, para los grupos de insectos cuyas dietas son muy secas, es sumamente importante, ya que este líquido es la base de todos los procesos metabólicos. En el gusano de la harina, los extremos de los tubos de Malpighi están unidos al recto por una membrana. De este modo, al poder absorbente del recto se suma el de dichos tubos, estableciéndose un reciclaje de agua, por lo que se aumenta la eficiencia en el proceso de recuperación.

Como resultado del metabolismo se producen en el organismo sustancias tóxicas (sales, ácido úrico, compuestos orgánicos indeseables, etc.) que deben ser eliminadas. El encargado de realizar esta función es el sistema excretor, representado principalmente por los tubos de Malpighi.

Los tubos de Malpighi de los insectos corresponden a los nefridios de los anélidos y onicóforos, y a los riñones de los vertebrados. Poseen un recubrimiento muscular y son capaces de efectuar movimientos de torsión debido a cambios de la presión secretora. Dichos tubos absorben los cristales de ácido úrico de la sangre y, una vez disueltos, los excretan en el píloro, constituyendo la orina. De allí, esta pasa al proctodeo y se elimina juntamente con la materia fecal.

La orina es un líquido claro o una suspensión pastosa y gruesa, a menudo con pigmentos amarillos o verdosos y cuya constitución química depende de la naturaleza del alimento.

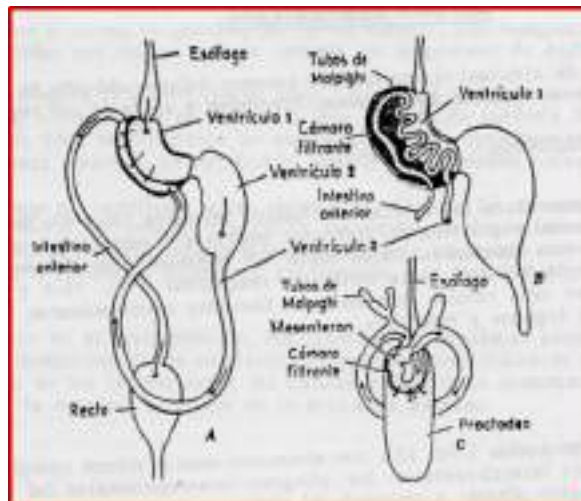
Los tubos de Malpighi son también los encargados de excretar compuestos más o menos complejos, que surgen como producto de diferentes procesos químicos, entre otros, gránulos de carbonato y fosfato de calcio o magnesio y cristales de oxalato de cálcico. En algunos insectos cumplen además la función de excretar pigmentos y sustancias mucoproteicas o sedosas o reabsorber agua o iones específicos.

En todos los insectos, el potasio estimula los procesos secretorios de los tubos de Malpighi.

Adaptación a dietas líquidas. Cámara filtrante

Una adaptación importante en insectos como las cigarras o cochinillas, que se alimentan de savia y por lo tanto reciben un exceso de agua y azúcares, es la presencia de la cámara filtro o filtrante (ver Figura N° 76).

Figura N° 76. Cámaras de filtro de distintos Hemiptera.



Fuente: Snodgrass, 1935.

Dicha cámara se forma por la aproximación de la región anterior del intestino medio (1.^{er} ventrículo), con la región posterior del mismo (3.^{er} ventrículo) y con la región anterior del intestino posterior, quedando el conjunto encerrado por una vaina muscular y membranosa. Esta disposición permite una separación rápida del exceso de agua de las sustancias nutritivas, favoreciéndose de este modo su absorción y evitando una dilución innecesaria de las enzimas. En muchos casos, los tubos de Malpighi se incluyen en cámara filtro.

Digestión extra oral o extraintestinal

Algunos insectos expulsan fermentos digestivos que se mezclan con los alimentos antes de ser ingeridos, efectuándose una digestión parcial fuera del cuerpo.

Ciertos Auchenorrhyncha, con su aparato bucal picador-suctor, inyectan junto con la saliva una amilasa que desdobra el almidón de las células de la planta hospedante, previa succión.

Algunas larvas de dípteros que viven en la carne o en los frutos expulsan por el ano, juntamente con el excremento, enzimas proteolíticas que, al mezclarse con el alimento, producen una predigestión.

Larvas de neurópteros y algunos coleópteros predadores inyectan un fluido digestivo y paralizante a la presa, antes de succionarla.

Digestión simbiótica

Muchos insectos capaces de digerir celulosa poseen una rica fauna bacteriana o protozoaria en el intestino.

Las termitas poseen en el estomodeo una enorme población de flagelados, ciliados y espiroquetas, gracias a la cual pueden alimentarse indefinidamente de celulosa pura. Privadas de estos organismos, pierden su capacidad para digerirla y, por lo tanto, mueren.

Algunas larvas de coleópteros ingieren, con su alimento, microorganismos que normalmente degradan la celulosa en la naturaleza. Los mismos se ubican en el intestino posterior, en la llamada cámara de fermentación.

Adaptaciones larvarias

Himenópteros, coleópteros y neurópteros superiores, en su estado larval, presentan una modificación del tracto digestivo: el mesenterón está cerrado en su parte posterior y, por lo tanto, no se conecta con el proctodeo. Debido a la acumulación de materia fecal, aquel se presenta muy ensanchado. Pero, antes de pasar al estado de pupa, las dos secciones se conectan, y la masa fecal producida durante la fase larvaria es expulsada.

Sistema respiratorio

Es el encargado de efectuar el intercambio gaseoso oxígeno-dióxido de carbono, ya sea por medio de un sistema de tráqueas, branquias o a través del tegumento.

Respiración

El proceso respiratorio de los insectos, al igual que en otros organismos, consiste en la absorción y empleo de oxígeno y en la liberación de dióxido de carbono.

Se puede considerar dos tipos de respiración: una externa, mediante la cual el intercambio gaseoso se efectúa entre la célula y el ambiente, y otra que se realiza en el interior de la célula, denominada respiración interna.

1. Respiración externa. En los insectos pequeños y en los sedentarios, el sistema traqueal es capaz de obtener oxígenos por simple difusión (ver Figura N° 77 A) siendo el nivel necesario en las terminaciones traqueales de 2 o 3% menos que el nivel de oxígeno en el aire. También, y de igual manera, es capaz de eliminar el dióxido de carbono, ya que este gas se difunde a través de los tejidos animales muy rápidamente.

En los insectos voladores muy activos, la simple difusión no es suficiente, debiendo recurrir a una ventilación mecánica, ya sea por expansión y retracción del abdomen, o bien a través de sacos aéreos (ver Figura N° 78) que son el resultado de dilataciones de los troncos traqueales. Estos sacos, de paredes delgadas, se encuentran principalmente en el abdomen, constituyendo grandes reservas de aire.

Los espiráculos permanecen cerrados la mayor parte del tiempo para evitar las pérdidas de agua, abriéndose solo lo necesario para permitir la entrada de oxígeno y expeler el dióxido de carbono.

El sistema de apertura y cierre de los espiráculos está controlado por el sistema nervioso central, control que le permite al sistema respiratorio responder a las necesidades del cuerpo.

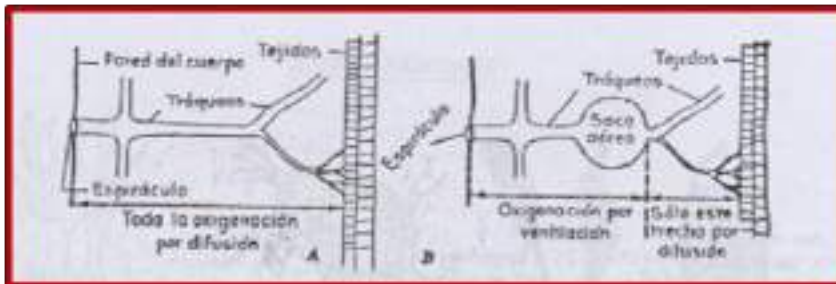
El aire usualmente penetra en los espiráculos torácicos y es expulsado por los abdominales. En la langosta, por ejemplo, durante el vuelo parecen funcionar dos sistemas respiratorios independientes al mismo tiempo: una corriente de aire es bombeada hacia el interior por el primer par de espiráculos para suplir las necesidades del sistema nervioso central y a través de los espiráculos 5 - 10 es expulsada. Mientras tanto hay un activo bombeo hacia adentro y afuera en los espiráculos 2 y 3 para ventilar los músculos alares.

Las tráqueas están revestidas por una cubierta de cera, como en la cutícula externa, por lo que no se humedecen y, por otro lado, no son permeables al oxígeno, produciéndose el mayor consumo de este gas a nivel de las traqueolas, que son de paredes muy delgadas e higroscópicas.

En algunos insectos, las traqueolas están totalmente llenas de aire, pero en la mayoría de los casos contienen aire y en su extremidad líquidos (ver Figura N° 79 A y B), contenidos estos, que dependen de la actividad muscular. Cuando el insecto está en reposo, el líquido llena una gran porción de las tráqueas (ver Figura N° 79 A), pero cuando la actividad muscular es intensa, el aire pasa a ocupar el espacio que en estado de reposo llena el agua (ver Figura N° 79 B). Esto es debido a que la violenta contracción muscular causa la liberación de metabolitos que elevan la presión osmótica de la hemolinfa y como consecuencia pasa el líquido al interior de las células, para mantener el equilibrio, llenándose las traqueolas de aire, facilitando de esta manera la oxigenación de los tejidos.

2. Respiración interna. Se efectúa a nivel celular, no presentando diferencias esenciales con la de otros animales. La utilización de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono la realiza el llamado sistema citocromo, localizado en las mitocondrias de las células. En este proceso, el oxígeno es empleado a través de un sistema de enzimas y transportadores, para oxidar azúcares, grasas y proteínas, a fin de lograr la energía química necesaria para los procesos metabólicos.

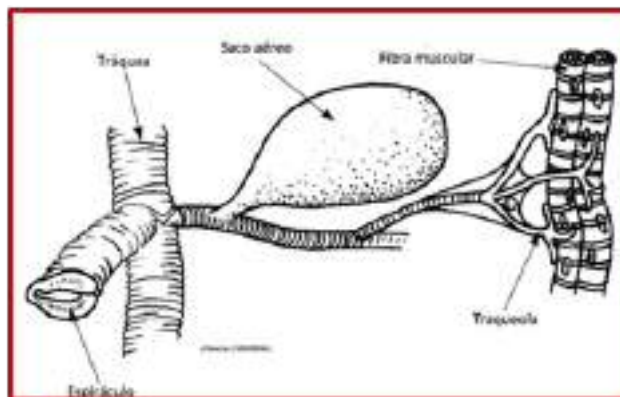
Figura N° 77. Esquema de relación entre difusión y ventilación.



Nota: A) Difusión; B) Sistema que suplementa la difusión con ventilación.

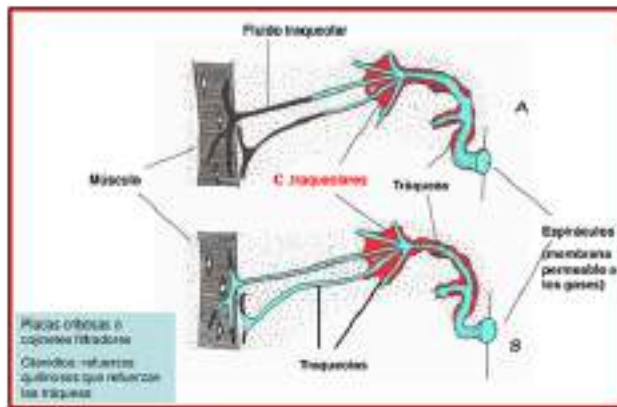
Fuente: Ross, 1968.

Figura N° 78. Sistema respiratorio.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

Figura N° 79. Tráqueas y traqueolas. Movimiento de líquido traqueolar.



Nota: A: estado de reposo muscular; B: estado de fatiga.

Fuente: Gallardo et al., 2019.

Sistema respiratorio traqueal

Es el más frecuente entre los insectos de hábito terrestre (ver Figura N° 80). Se inicia en aberturas de la pared tegumentaria, llamadas estigmas o espiráculos, conectados con troncos y ramas traqueales. Estos tubos van reduciendo su diámetro al penetrar en los diferentes órganos, hasta constituir traqueolas (ver Figura N° 79 A y B) en cuya base se encuentran unas células traqueolares, llamadas traqueoblastos, que recubren los diferentes órganos y músculos.

Descripción

Los estigmas o espiráculos (ver Figura N° 81) son aberturas más o menos complejas, en forma de ojal, situadas lateralmente en los pliegues intersegmentales del meso y metatórax y en la región pleural o esternal del abdomen. No existen en la cabeza.

Estos están rodeados por un esclerito de forma anular, llamado peritrema, e inmediatamente hacia su interior, se encuentra la cámara estigmática o atrio, que sirve de reservorio de aire.

Los espiráculos pueden estar o no dotados de un sistema de cierre. En algunos grupos este sistema es sencillo, en otros consta de piezas

quitinosas accionadas por músculos que actúan como diafragmas, ubicados en el interior de los orificios. Cuando no existe un sistema de oclusión, se presentan pelos dispuestos de tal manera que actúan como filtro de aire.

Teniendo en cuenta los números de estigmas funcionales durante los estados preimaginales, pueden señalarse tres grupos de insectos:

1. **Holopnéuticos:** los 10 pares de espiráculos (2 torácicos y 8 abdominales) son funcionales. En este grupo se incluye la mayoría de los insectos.
2. **Apnéuticos:** ningún espiráculo es funcional, debiéndose efectuar la respiración por ósmosis, a través del tegumento.
3. **Hemipnéuticos:** uno o varios pares de espiráculos están cerrados.

Cada espiráculo se conecta con el tronco traqueal principal (ver Figura N° 80) del lado correspondiente, que se extiende lateralmente, lo mismo que su homólogo simétrico, a lo largo de todo el cuerpo, de allí que también se denominen troncos traqueales laterales. De estos troncos nacen las ramas traqueales o tráqueas, dispuestas generalmente en número de tres en cada segmento: una rama ventral visceral, que proporciona aire a los aparatos digestivo y reproductor; otra rama ventral que airea el sistema nervioso y músculos ventrales, y una tercera rama, dorsal, que llega al vaso dorsal y músculos dorsales.

Los troncos y ramas traqueales (ver Figura N° 78), de forma tubular, son invaginaciones del tegumento, revestidas por quitina que se renueva en los procesos de ecdisis.

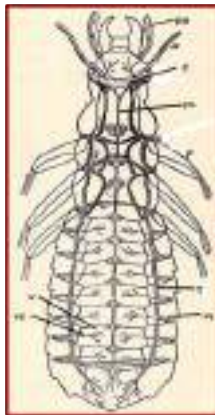
Histológicamente, están constituidos por una capa de células epiteliales aplanadas, sobre la que se encuentra una especie de cutícula llamada íntima y, por encima de ella, un filamento en espiral o tenidío, que tiene por objeto mantener las tráqueas abiertas, permitiéndole resistir las presiones externas.

Las tráqueas se ramifican varias veces (ver Figura N° 79A y B) cuando alcanzan un diámetro de 2 – 5 μ , atraviesan una célula traqueolar de forma estrellada y de gran tamaño, de 300 – 400 μ , llamada traqueoblasto, que

puede constituir con otras vecinas una membrana o expansión ricamente traqueolada que envuelve a los órganos y músculos.

Al penetrar en el traqueoblasto, las tráqueas se ramifican abruptamente constituyendo pequeñísimos tubos capilares, traqueolas, cuyo diámetro es inferior a 1μ , se introducen en los tejidos entre las células y las fibras musculares efectuándose, a este nivel, la máxima actividad de intercambio gaseoso.

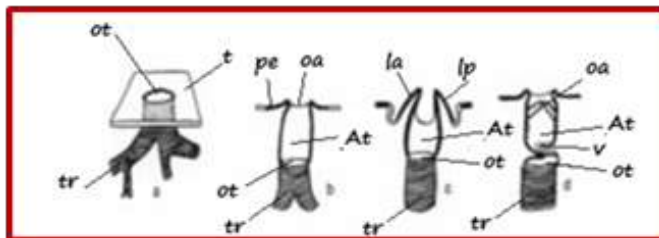
Figura N° 80. Sistema traqueal de un insecto.



Nota: pa: palpo; a: antena; c: cerebro; cn: cuerda nerviosa; e: espiráculo; p: pata; t: tronco traqueal principal; re: rama espiracular; v: rama ventral; vs: rama visceral.

Fuente: Snodgrass, 1935.

Figura N° 81. Diferentes estigmas.



Nota: At: atrium; la y lp: labios anterior y posterior del atrium; oa: orificio atrial; ot: orificio traqueal; pe: peritrema; t: tegumento; tr: tráquea; v: valva. Fuente: Snodgrass, 1935.

Sistema respiratorio branquial. Adaptaciones a la vida acuática

Se pueden considerar dos grupos de insectos de vida acuática:

1. Los que viven sumergidos y utilizan el oxígeno disuelto en el agua.
2. Los que viven sobre la superficie del agua y obtienen el oxígeno de la atmósfera.

Entre los primeros, las larvas de dípteros quironómidos (gusanos rojos) poseen los espiráculos permanentemente cerrados, pero el aire llega hasta las terminaciones traqueales a través de la cutícula, que es bastante fina (ver Figura N° 82 A). El oxígeno entra por difusión y del mismo modo es distribuido por todo el cuerpo. Además, contienen en su sangre hemoglobina en solución, que se comporta como un importante transportador de oxígeno. En los demás insectos no existen transportadores químicos.

Las náyades de efemerópteros y odonatos (ver Figura N° 83 A y B), como así también las larvas de tricópteros, respiran a través de branquias. Estas son expansiones tegumentarias recorridas por una rica red de finas tráqueas, de allí que reciben el nombre de branquias traqueales, mientras los espiráculos permanecen cerrados. Los efemerópteros (ver Figura N° 83 B) poseen una especie de excrecencia a los lados del abdomen, que agitan rápidamente y establecen una corriente de agua aireada que es utilizada en la respiración.

En las libélulas (ver Figura N° 82 B), las branquias se presentan como lamelas con una gran cantidad de traqueolas en el interior del recto. La respiración se efectúa gracias al bombeo de agua hacia el interior y hacia fuera del ano.

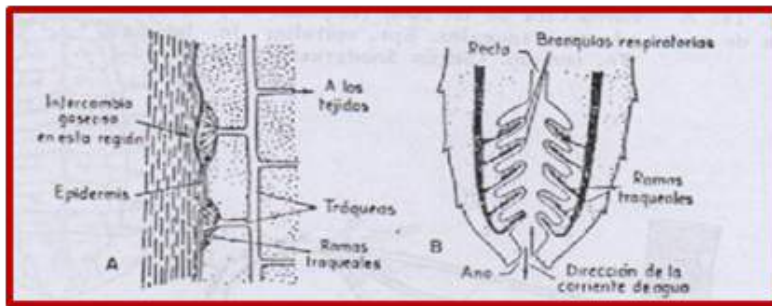
En estos ejemplos, la respiración branquial, el oxígeno y el dióxido de carbono son transportados entre el agua y el sistema traqueal por simple difusión. El nivel de oxígeno en el sistema traqueal es siempre ligeramente más bajo que el nivel encontrado en solución en el agua circundante.

En el segundo grupo se incluyen las larvas de dípteros culícidos (ver Figura N° 83 C) que poseen abierto solamente el par de espiráculos correspondientes al octavo segmento abdominal, dispuesto sobre el ápice de un tubo cónico cuticular, llamado sifón respiratorio.

Los insectos acuáticos adultos que respiran a través de espiráculos comúnmente poseen el abdomen tapizado por hileras de pelos semihidrófugos y se mantienen a nivel de la superficie del agua (notonéticos).

En *Dytiscus*, coleóptero que se sumerge en el agua, el reservorio de aire se ubica debajo de los élitros, aire que se renueva por movimientos del abdomen cuando el insecto alcanza la superficie. Además, la superficie ventral del cuerpo está cubierta por finos pelos hidrófugos.

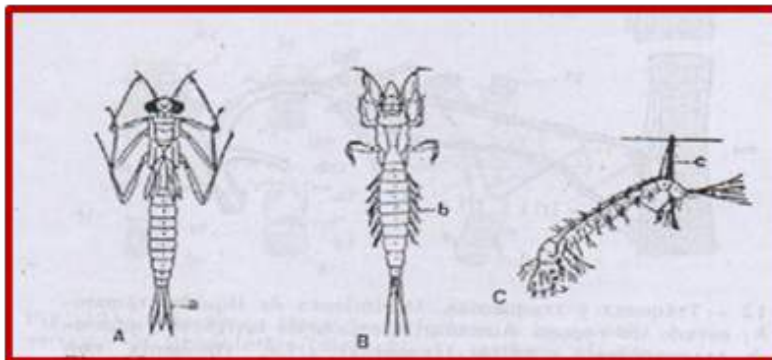
Figura N° 82. Esquemas respiratorios.



Nota: A) Esquema de la respiración cutánea en insectos acuáticos;
B) Esquema de las branquias rectales de las ninfas de libélulas.

Fuente: Wigglesworth, 1978.

Figura N° 83. Adaptaciones a la vida acuática.



Nota: A) Náyade de caballito del diablo;
B) Náyade de efemerópteros; C) Larva de mosquito.

Fuente: Wigglesworth, 1978.

Sistema respiratorio cutáneo. Respiración de los parásitos internos

Las larvas de insectos que viven como parásitas, sumergidas en los líquidos internos de sus hospederos, poseen adaptaciones respiratorias análogas a las de las formas acuáticas.

Muchas de estas larvas poseen respiración cutánea, ya que carecen de órganos especializados o estructuras destinadas a la respiración. En las larvas muy pequeñas el intercambio gaseoso se efectúa por simple difusión a través del tegumento, que normalmente es muy fino, siendo la hemolinfa la portadora de oxígeno y dióxido de carbono. En larvas de mayor tamaño, los espiráculos son reemplazados por grupos de finas tráqueas que llegan a la epidermis.

Otras formas larvales parasitarias poseen los espiráculos posteriores funcionales, los cuales se proyectan a través de la pared del cuerpo del hospedero o están conectados interiormente con alguno de sus tubos traqueales.

Sistema nervioso

Este sistema es el coordinador de la actividad interna del insecto con el ambiente, es decir, establece la conexión entre los órganos de los sentidos (receptores de estímulos) y los músculos y glándulas (órganos efectores), mediante los cuales el insecto reacciona en forma coordinada frente al medio externo.

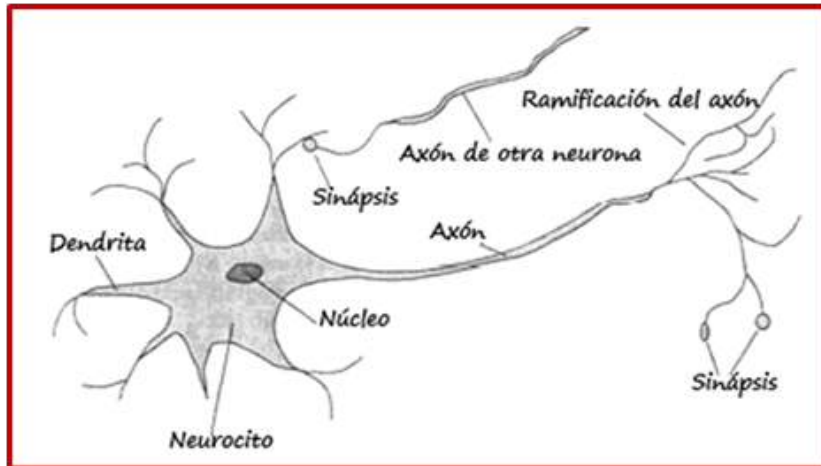
Está constituido por millares de unidades celulares de forma variada, llamadas neuronas (ver Figura N° 84). Consta de un cuerpo protoplasmático, el **neurocito**, y dos tipos de prolongaciones: unas cortas, muy ramificadas, denominadas **dendritas** (receptoras), y una fibra larga y delgada, llamada **axón** o **cilindro eje** (transmisora) que generalmente termina en un haz de fibrillas (ver Figura N° 84).

El número de prolongaciones cortas o dendritas determina que la neurona sea uni, bi o multipolar.

Las neuronas, dispuestas una a continuación de la otra, se ponen en contacto por medio de sus prolongaciones (axón y dendritas). Este contacto se denomina **sinapsis**. La unión de axones constituye los nervios, mientras

que el conjunto de neurocitos y sinapsis forman los ganglios o centros nerviosos.

Figura N° 84. Esquema de una dendrita.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Para facilitar el estudio del sistema nervioso, se efectúa la siguiente división:

- Sistema nervioso central, que comprende
 - a. Sistema nervioso central principal.
 - b. Complejo nervioso glandular, simpático o visceral.
- Sistema nervioso periférico no sensorial.
- Sistema nervioso periférico sensorial.

Sistema nervioso central

a. Sistema nervioso central principal: Está constituido por masas ganglionares situadas en la cabeza, tórax y abdomen, unidas entre sí por fibras o filetes nerviosos longitudinales y transversales (Figura N° 85 y 86).

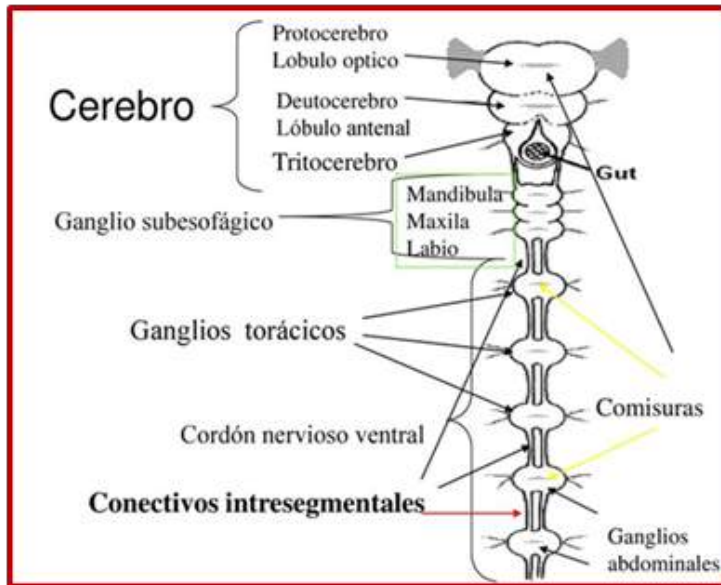
Este sistema consta de tres partes: i) Ganglios **supraesofágicos**; ii) Ganglios **infraesofágicos** y iii) **Cuerda nerviosa ventral**.

- i. Son tres los ganglios **supraesofágicos** que, en conjunto, constituyen el cerebro. Este se encuentra situado en el interior de la cabeza, por encima del esófago:
 - a. **Protocerebro**, de gran desarrollo, que inerva los ojos compuestos u ocelos.
 - b. **Deutocerebro**, que inerva las antenas.
 - c. **Tritocerebro**, que controla el funcionamiento del complejo nervioso visceral.
- ii. Los ganglios **infraesofágicos** se reúnen para formar una masa ganglionar única, llamada ganglio infra o subesofágico, situado en la cabeza por debajo del esófago. Inerva las piezas bucales, especialmente palpos maxilares y labiales.
- iii. La cadena o **cuerda nerviosa ventral** parte del ganglio subesofágico. Está constituida por una serie de ganglios dispuestos en la región basal de cada segmento torácico y abdominal: ganglios torácicos y ganglios abdominales.

De los ganglios torácicos nacen nervios que llegan hasta las patas y otros adicionales hasta las alas. Los ganglios abdominales, uno de cada urómero, emiten prolongaciones nerviosas que llegan hasta los músculos de cada segmento.

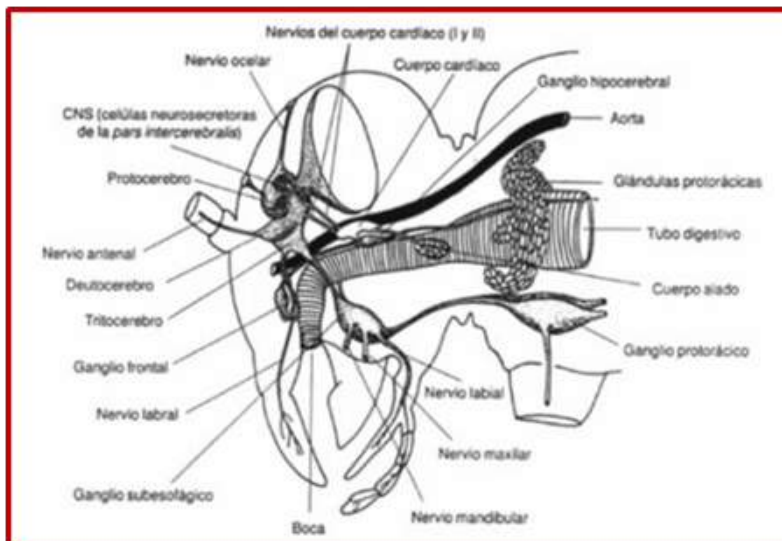
El sistema descrito corresponde a la forma más generalizada: ganglios dispuestos en cada uno de los segmentos torácicos y abdominales. En otros insectos, como en los himenópteros, se observa una concentración ganglionar, donde el ganglio metatorácico está fusionado con los tres primeros abdominales; en algunos homópteros y larvas de coleópteros, los ganglios ventrales, incluido el subesofágico, están fusionados.

Figura N° 85. Esquema del sistema nervioso central principal.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Figura N° 86. Cerebro y estructuras de un saltamontes.

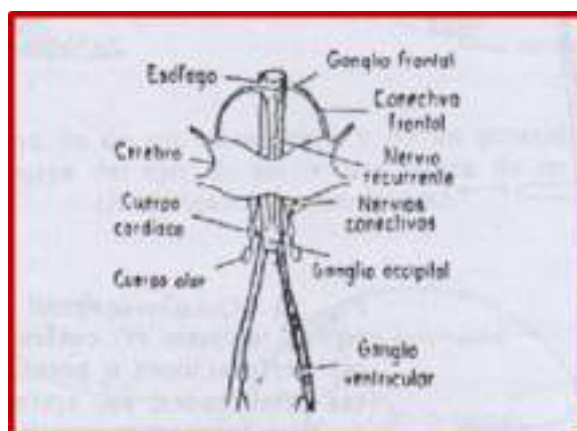


Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

b. Complejo nervioso glandular: También llamado sistema simpático o nerviosos visceral, está constituido por elementos nerviosos y glandulares asociados entre sí y dispuestos junto al estomodeo. Para facilitar el estudio se divide en: i) Sistema **simpático esofágico** o estomodeico; ii) Sistema **simpático ventral** y iii) Sistema **simpático caudal** (Figura N° 87).

- i. Sistema **simpático esofágico** está conectado con el cerebro y consta de dos ganglios: frontal y occipital, de los que nacen nervios que llegan al aparato digestivo y al vaso dorsal. Relacionado con este sistema se encuentran el cuerpo alado o córpora allata y el cuerpo cardíaco, que son glándulas de secreción interna.
- ii. El sistema **simpático ventral** está formado por un par de nervios transversos, asociados con cada ganglio de la cuerda nerviosa que inervan los espiráculos.
- iii. El sistema **simpático caudal** se origina en el ganglio posterior de la cuerda nerviosa abdominal e inerva la parte posterior del proctodeo y órganos reproductores.

Figura N° 87. Esquema del complejo nervioso glandular.



Fuente: Ross, 1968.

Sistema nervioso periférico no sensorial

Este sistema incluye los nervios que se originan en los sistemas central y simpático e inervan las paredes del tegumento de los insectos, los músculos somáticos y diferentes órganos.

Las células nerviosas periféricas de este sistema son bi o multipolares, pero nunca están relacionadas con los sentidos.

Sistema nervioso periférico sensorial. Órganos de los sentidos

Está formado por neuronas bipolares que se diferencian de las células hipodérmicas y están conectadas con sensilios o estructuras receptoras de estímulos.

Los órganos de los sentidos, también llamados receptores, son estructuras o elementos anatómicos distribuidos en distintas regiones del cuerpo, siendo su finalidad la recepción de estímulos externos.

La unidad básica es el sensilio, constituido por una capa cuticular, células sensoriales conectadas con fibras sensoriales y células asociadas quitinógenas: tricógina, que rodea a la sensorial, y tormógena, que rodea a la tricógina.

Algunos sensilios poseen exteriormente procesos salientes, como pelos o cerdas; otro grupo presenta solamente una capa cuticular más o menos gruesa colocada en una cavidad del tegumento y, en un tercer grupo de sensilios, existe una cutícula transparente.

Estas unidades básicas constituyen los órganos de los sentidos, que podemos clasificar en:

- Mecanorreceptores
 - Quimiorreceptores
 - Fotorreceptores
 - Termorreceptores
 - Hidrorreceptores
-
- **Mecanorreceptores.** Comprende pelos, espinas y escamas táctiles; órganos camponiformes, cordotonaes y de Johnston, todos ellos

excitados por agentes que producen una deformación mecánica del receptor (ver Figura N° 88).

Los órganos sensitivos en forma de pelo son los más simples y están localizados en casi toda la cutícula del exoesqueleto, específicamente en las antenas.

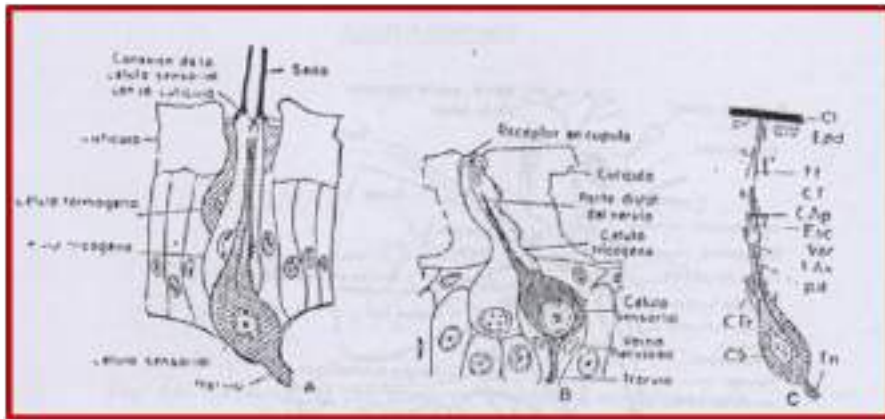
Los órganos campaniformes tienen la forma de una cúpula o campana y se encuentran dispuestos en grupos en el tegumento, incluyendo patas y antenas. Están inervados por una sola célula y la parte distal del nervio está conectada con dicha cúpula.

Los órganos cordotonales o escolopales son receptores de sonido y se los considera derivados de los órganos campaniformes, en los cuales la célula sensorial está colocada en profundidad y su extremo distal forma un bastoncito sensorial.

En los gríllidos (Orthoptera), los órganos timpánicos conectados con sensilios cordotonales, se encuentran en las tibias anteriores; los acrídidos (Orthoptera), en cambio, los poseen en el primer segmento abdominal. Los machos de cicádidos (Hemiptera: Auchenorrhyncha) presentan un órgano timpánico complejo, llamado también estridulante, siendo su función la de producir sonido.

El órgano de Johnston está formado por sensilios cordotonales y se encuentra en las antenas, en la inserción del flagelo con el pedicelo. Actúa como órgano de equilibrio regulando el movimiento de dichos apéndices.

Figura N° 88. Mecanorreceptores.



Nota: A) en forma de pelo; B) en forma de cúpula;

C) Sencillo escolopal Cap: cuerpo apical, CS: célula sensorial, CT: célula tormógena

Ct: cutícula, CT: célula tricógena, Epd: Epidermis, ES: bastoncito escolopal, Fax: fibra axial. Fn: fibra nerviosa, ft: fibra terminal, pd: proceso distal, Vac: vacuola.

Fuente: Snodgrass, 1935.

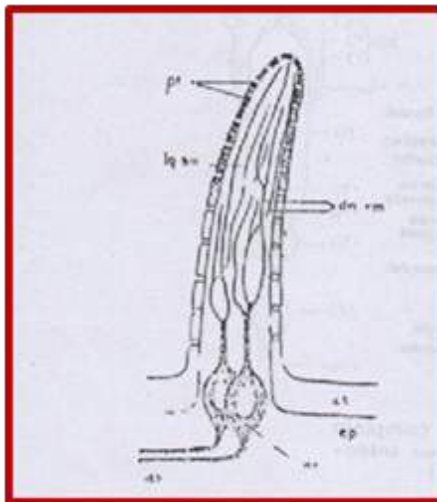
- **Quimiorreceptores.** Están relacionados con las sensaciones de olfato y gusto. Los sensorios olfativos se localizan principalmente en las antenas y las gustativas en el aparato bucal (Figura N° 89). En algunos insectos, estos receptores se encuentran en otros órganos.

Ambos tipos de sensorios tienen dos características fundamentales: un líquido olfatorio o gustativo y una pared cuticular muy delgada, con numerosas perforaciones, a través de las cuales penetran las diferentes moléculas, permitiendo que la sensación de olor o sabor llegue fácilmente hasta la célula nerviosa.

Los órganos del olfato se llaman sensorios o rinarias y consisten en cavidades ovales o circulares, inervadas y protegidas por una membrana. En los pulgones, se hallan en los artejos antenales y son de importancia taxonómica por su constancia en número y distribución en las diferentes especies. En lepidópteros, dichos sensorios se encuentran en los palpos labiales.

Las estructuras receptoras del gusto, en la mayoría de los insectos, están relacionadas con la boca y la faringe; en otros grupos, además de encontrarse en estos órganos, se disponen en tarsos y antenas.

Figura N° 89. Quimiorreceptor.



Nota: sencilio olfativo, ax: axones, ct: cutícula con perforaciones
dn rm: dendritas ramificadas, ep: epitelio, lq sn: líquido sensilar con
mucopolisacáridos, nr: neurocitos, pr: poros

Fuente: Snodgrass, 1935.

- **Fotorreceptores.** Los órganos que perciben la luz son los ojos. Se encuentran en la cabeza y sus centros nerviosos se hallan en el protocerebro. Hay dos tipos de ojos: compuestos y simples u ocelos.
Los ojos simples poseen una córnea o lente transparente plana o convexa, segregada por una capa de células denominadas corneógenas (ver Figura N° 90). Por debajo de la córnea se encuentra el cono cristalino, conectado con la retina, formada esta última por células sensitivas nerviosas.
En la región próxima al cristalino, la retina presenta una zona estriada llamada rabdoma. Los ojos compuestos están formados por sensilios

llamados omatidios (ver Figura N° 91), cuya córnea puede ser de forma oval, circular, reniforme, elíptica, hexagonal, etc.; y pueden estar reunidos en grupos de número variables.

Cada omatidio está formado por las mismas partes básicas que el ojo simple, quedando el conjunto rodeado por células pigmentarias, cuya función es regular la cantidad de luz que llega a la unidad sensorial.

Los ocelos, principalmente, son órganos estimulantes que aceleran la fototaxia, al incrementar la sensibilidad del cerebro a los estímulos recibidos a través de los ojos compuestos. Estos últimos captan las distintas intensidades de luz, a partir de las diferentes partes del campo visual, como así también una amplia gama de colores.

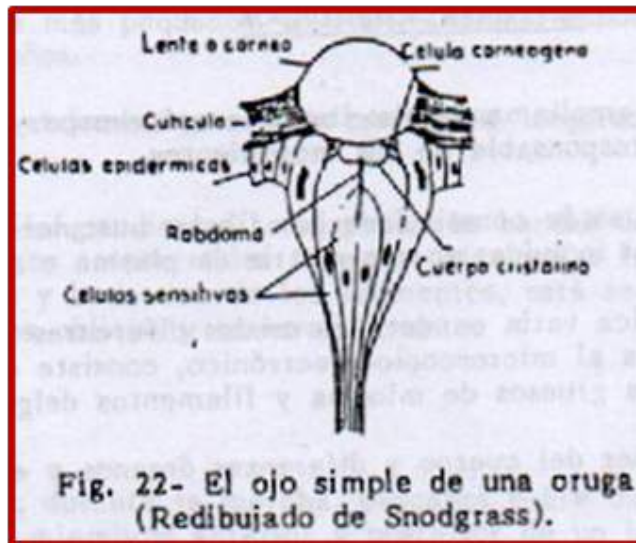
Las larvas poseen ojos simples, a veces más o menos agrupados, pero carecen de ojos compuestos, mientras que la generalidad de los insectos adultos poseen ojos compuestos y ocelos.

Figura N° 90. Ojo simple de una oruga: sus partes.



Fuente: Snodgrass, 1935.

Figura N° 91. Esquema de un ojo compuesto y un omatideo.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

- **Termo e hidrorreceptores.** Son muy poco conocidos. Los primeros están distribuidos en todo el organismo, fundamentalmente en las antenas. En los ortópteros existen áreas especializadas en la cabeza, tórax y abdomen, que ejercen una función termorreceptora. Para los insectos chupadores de sangre caliente, dichos sensores son sumamente importantes para localizar sus hospederos.

Existen también sensilios hidrorreceptores, ya que los insectos son sensibles a las variaciones de la humedad ambiente. Algunos la evaden, mientras que otros no resisten condiciones de baja humedad.

Los órganos sensibles a la humedad parecen estar ubicados en la región ventral del abdomen y en las antenas.

Las orugas son capaces de obtener información de la turgencia de una hoja, gracias a los receptores de humedad localizados en las antenas.

Irritabilidad

Es la capacidad que tienen los organismos de reaccionar frente a estímulos externos. Es una función protectora, ya que permite el acercamiento o alejamiento del animal frente a situaciones favorables o peligrosas, respectivamente.

Abarca tres funciones: sensibilidad o capacidad para detectar o percibir estímulos; conductividad o capacidad para transmitirlos desde el punto de recepción a distintas partes del cuerpo, y contractibilidad o poder de contraerse, es la capacidad del organismo para elaborar una respuesta al estímulo original. Estas tres funciones son llevadas a cabo por diferentes órganos y sistemas.

1. Conductividad: La base de la conductividad son células nerviosas o neuronas, capaces de recibir y transmitir dichos estímulos.

Existen tres tipos de neuronas (ver Figura N° 92):

- a. Las neuronas receptoras, aferentes o sensoriales. Son una o más fibras receptoras que están conectadas con células sensoriales y el axón se dirige hacia el sistema nervioso central, en el que termina.
- b. Las neuronas eferentes o motoras. Son las fibrillas receptoras y el neurocito que están situados en el sistema nervioso y el axón forma una fibra nerviosa que corre hasta el tejido muscular.
- c. Las neuronas de asociación. Todas sus partes están situadas en el sistema nervioso central.

En todos los casos, los estímulos se reciben por las fibrillas receptoras y se desplazan hacia los extremos del axón (ver Figura N° 92). Esta dirección es irreversible.

Los impulsos pueden pasar de una célula nerviosa a otra a través de una sinapsis, zona del sistema nervioso central en la que se entrecruzan las

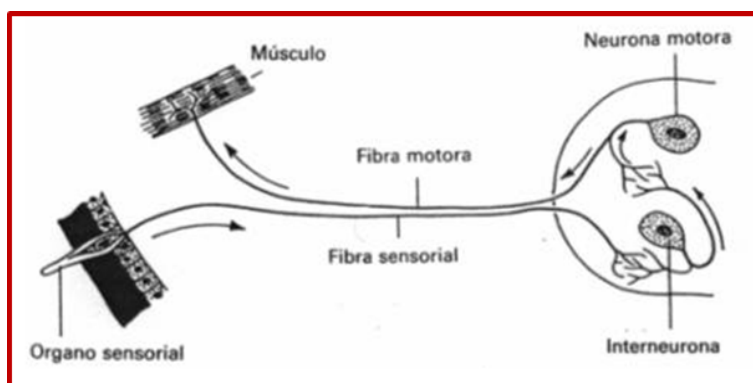
fibrillas terminales del axón de una neurona con las fibrillas receptoras de otra. De esta forma, todos los nervios sensitivos envían sus informes a los centros nerviosos o ganglios y las órdenes se transmiten desde aquí a los tejidos capaces de reaccionar.

En efecto, si un estímulo externo produce algún cambio en una célula sensitiva y esta, a su vez, estimula a una neurona receptora sensorial, el impulso pasa a través de una sinapsis a una neurona de asociación y de esta, por otra sinapsis, a una neurona motora. Esta última es la que transmite el impulso por su axón a una fibra muscular, la cual se contrae como consecuencia del estímulo recibido.

El impulso nervioso necesita de un transmisor químico, tanto para la sinapsis como para la unión neuromuscular. La sustancia química que interviene facilitando la transmisión se llama neurotransmisor, siendo la acetil-colina, el principal transmisor químico que se libera en la sinapsis. La noradrenalina y la dopamina son también, posiblemente, neurotransmisores.

En las uniones neuromusculares de los insectos parece que no interviene la acetil-colina como transmisor neuromuscular, sino un glutamato.

Figura N° 92. Esquema de un circuito reflejo cerrado simple de neuronas sensoriales, de asociación y motoras.



Nota: la dirección del impulso en movimiento se muestra por las flechas.

Fuente: Wigglesworth, 1978.

2. Contractilidad. Es la capacidad que tienen los músculos para contraerse, cuando son estimulados por una excitación procedente de una célula nerviosa, incluyéndose además las secreciones glandulares que liberan hormonas, en respuesta a determinados estímulos.

Sistema muscular

Este complejo sistema, ampliamente distribuido en el cuerpo y diferentes órganos de los insectos, es el responsable de sus movimientos.

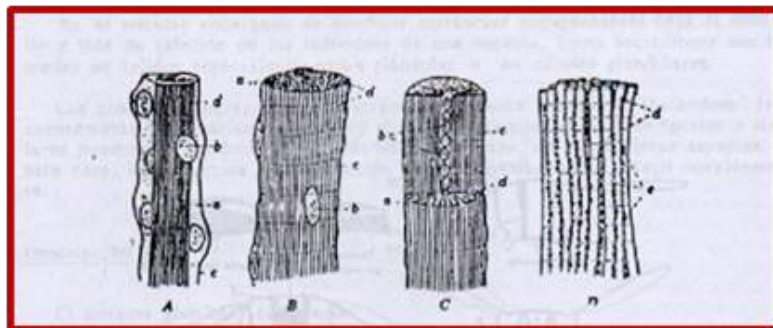
Los músculos están constituidos por fibras musculares estriadas, formadas por fibrillas paralelas incluidas en una matriz de plasma o sarcoplasma (ver Figura N° 93).

Esta estructura histológica varía en algunos detalles en las diferentes especies y distintos tipos de músculos. Vista con un microscopio electrónico, se observa que consiste en una superposición ordenada de filamentos gruesos de miosina y filamentos delgados de actina.

Se insertan en las paredes del cuerpo y diferentes órganos y en procesos internos llamados apodemas.

Por su distribución pueden considerarse, en general, dos tipos de músculos: somáticos y viscerales.

Figura N° 93. Fibras musculares de insectos



Nota: A: larva de abeja melífera;

B: músculos de la pata de un escarabajo;

C: músculos tubulares de la pata de abeja melífera;

D: músculos del vuelo indirecto de abeja melífera.

Fuente: Snodgrass, 1935.

Músculos somáticos

Representan la parte principal del sistema muscular y están constituidos por haces musculares cilíndricos y planos. Son pares.

Las contracciones musculares se traducen en movimientos de alguna parte del cuerpo, siguiendo al período de contracción, un período de recuperación o relajación en el que la fibra muscular vuelve a su forma primitiva.

Cada movimiento es seguido por otro antagónico, que realiza con frecuencia un segundo músculo. Así, a un retractor se opone un protractor; a un depresor, un elevador; a un flexor, un extensor.

Para facilitar su estudio, los músculos somáticos se dividen en:

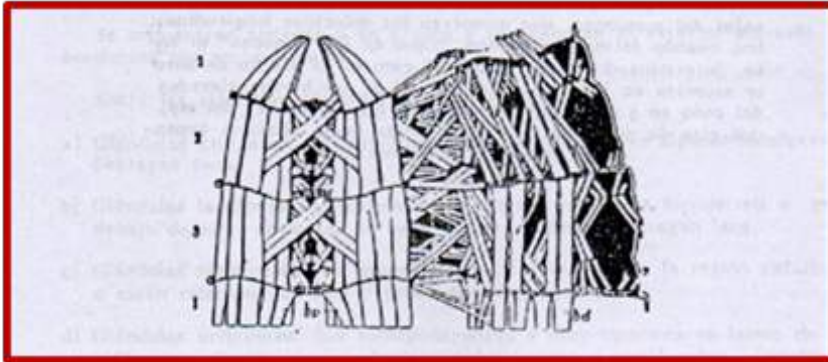
- a) Músculos cefálicos
- b) Músculos torácicos
- c) Músculos abdominales

Los músculos **cefálicos** son retractores, elevadores, depresores y rotatorios. Controlan los movimientos de antenas, boca y cuello, de acuerdo con sus respectivas funciones.

Los músculos **torácicos** son muy abundantes y poderosos, lo que se explica por la presencia de alas y patas, que deben ser accionadas por dichos músculos (ver Figura N° 94). Constituyen agrupaciones en forma de grandes tirantes, en conexión con otros más pequeños. Existen, además, bandas musculares que forman diversos diseños.

Los músculos **abdominales** son de tres tipos: longitudinales, transversales y laterales. Los músculos longitudinales se disponen en bandas dorsales y ventrales intersegmentales. Los transversales se encuentran entre las dos bandas de músculos longitudinales; y cada uno de los segmentos está separado por músculos laterales, dispuestos oblicua y transversalmente.

Figura N° 94. Musculatura del mesotórax y metatórax de una oruga.



Nota: bv: bandas ventrales, bd: bandas dorsales.

Fuente: Snodgrass, 1935.

Locomoción

El insecto, durante la marcha, descansa sobre un soporte triangular formado por los miembros anterior y posterior de un lado y el mediano del otro. De este modo, la pata anterior actúa como tractora, la del medio como soporte y la posterior como propulsora, manteniendo el cuerpo en posición horizontal. Al desplazarse el insecto, el centro de gravedad se centra en el triángulo de sostén, primero de un lado y luego de otro, produciéndose un ligero zigzaguo.

Las orugas, al desplazarse, logran una coordinación entre los músculos que mantienen la forma general del cuerpo y los que intervienen en la locomoción. En las larvas ápodas, el desplazamiento se efectúa mediante movimientos peristálticos o de torsión de las paredes del cuerpo.

Vuelo

El vuelo se produce por el batimiento de las alas. En los insectos más primitivos como neurópteros, isópteros u odonatos, los dos pares de alas se mueven independientemente: cuando uno se eleva, el otro desciende. En los más evolucionados, en cambio, que poseen dos pares de alas funcionales,

las dos del mismo lado permanecen unidas por distintos mecanismos, formando una unidad funcional.

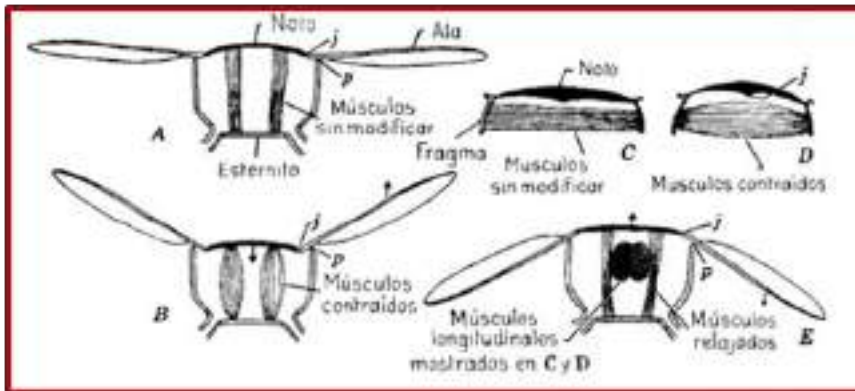
Los movimientos alares que producen el vuelo están controlados por músculos indirectos insertos en el tórax y constituidos por columnas verticales y longitudinales, capaces de deformarlo al contraerse (ver Figura N° 95), y así poder mover las alas. Los músculos verticales las elevan y los longitudinales las hacen descender. La compleja articulación del ala permite una amplia variedad de pequeños, pero poderosos, movimientos de la base alar.

Por otro lado, existen los músculos directos, insertos en las propias alas, que sirven para la flexión y extensión de las mismas; otros las hacen girar alrededor de su eje axial o efectúan ajustes de sus movimientos.

A pesar de su complejidad, los movimientos de las alas son producidos por un sistema efecto palanca (ver Figura N° 95) gracias a que:

- Existe una bisagra en el punto de inserción del ala con el borde pleuro-notal.
- El centro del notum puede ser movido hacia arriba y abajo por la acción del músculo, arrastrando con él la base del ala.
- El pivote sobre el cual se apoya el ala durante el vuelo permanece inmóvil.

Figura N° 95. Esquemas de los músculos y movimientos que producen el vuelo del insecto.



Nota: j: inserción del ala al notum; p: proceso pleural que actúa como un punto pivotante para el “balanceo” del ala. A y B: son secciones transversales que muestran solamente los músculos verticales que conectan el notum con el esternito; cuando estos músculos se contraen, como en B, el notum es empujado hacia abajo, y provoca el descenso del extremo alar, que gira en p, empujando hacia arriba la porción principal del ala. C y D: son secciones longitudinales del mesonoto, que muestran los músculos longitudinales; cuando estos se contraen, como en D, “arquean” el notum, determinando la elevación del centro. El efecto de esto se muestra en la sección transversal E; los bordes elevados del notum en j arrastran hacia arriba los extremos del ala, que gira de nuevo en p, y eso fuerza hacia abajo la expansión alar.

Fuente: Ross, 1968.

Músculos viscerales

Se presentan en bandas circulares, longitudinales u oblicuas, formando un retículo más o menos regular, que envuelve a los diferentes órganos que poseen movimientos propios como el canal alimentario, órganos sexuales, sistema circulatorio y órganos respiratorios.

Se incluyen en este grupo los músculos que intervienen en la apertura y cierre de espiráculos; los que forman los músculos aliformes del diafragma dorsal y el diafragma ventral, que ayudan al funcionamiento del sistema

circulatorio; y los que se encuentran en la región bucal, que accionan la bomba salival de los insectos, etc.

Sistema glandular

El sistema glandular de los insectos está formado por agrupaciones de células (las glándulas) que producen una serie de sustancias que son vertidas en el interior del cuerpo del insecto, en la hemolinfa o bien vierten sus productos, al exterior del cuerpo del insecto o al interior de alguna víscera.

Es el sistema encargado de producir sustancias indispensables para el desarrollo y vida en comunidad de los individuos de una especie. Estas secreciones son formadas en tejidos especiales llamados glándulas o en células glandulares.

Los productos segregados son extremadamente complejos, tratándose frecuentemente de mezclas variadas de diversas sustancias. Productos iguales o similares pueden ser producidos por diferentes glándulas.

El sistema glandular comprende:

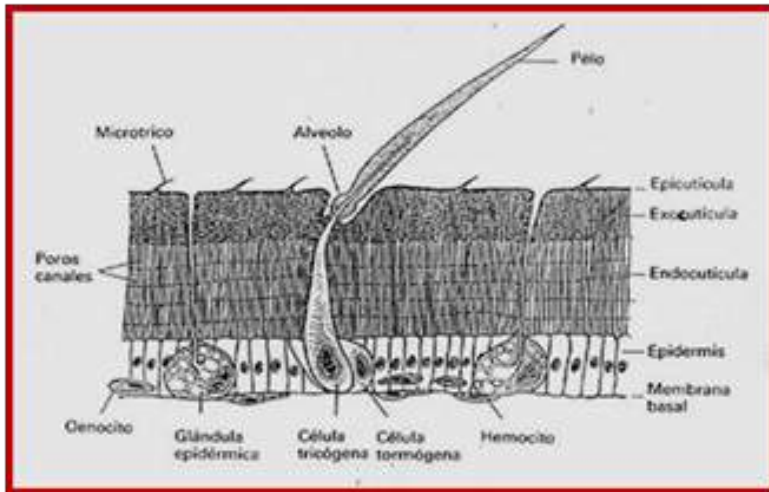
- 1) **Sistema exócrino**, integrado por glándulas de secreción externa o glándulas exócrinas.
- 2) **Sistema endócrino**, del cual forman parte las glándulas de secreción interna o glándulas endocrinas.

Sistema exócrino

En este sistema se incluye un conjunto de **glándulas dérmicas**, uni o pluricelulares, distribuidas en todo o bien en diferentes partes, áreas de los tagmas cefálico, torácico o abdominal, o en varios segmentos.

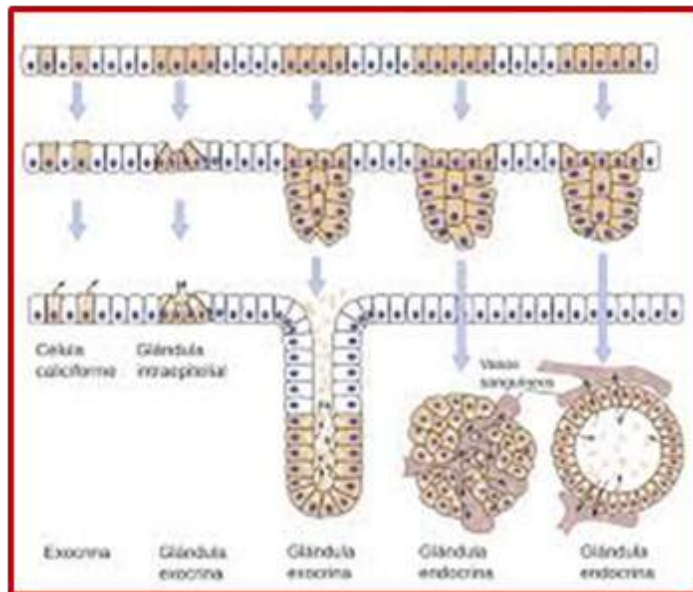
Se encuentran aisladas o en grupos y se conectan al exterior, a través de conductos, por poros o pelos.

Figura N° 96. Sección de la cutícula del tegumento.



Fuente: Bonnemaïson, 1964.

Figura N° 97. Esquema de formación de las glándulas.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Entre las glándulas dérmicas se reconocen:

a. Glándulas ceríparas: Unicelulares y muy abundantes en algunos Hemíptera: Sternorrhyncha. Ej. Moscas blancas. Las ceras son sustancias producidas a partir de azúcares y están distribuidas por todo el cuerpo del insecto. La cera producida puede ser pulverulenta, en forma de hilos o láminas. Las abejas también producen cera.

Figura N° 98. Cuerpo cubierto de cera.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

b. Glándulas laquíparas: Unicelulares, se encuentran en la hipodermis o por debajo de ella, como las de cera. Segregan laca. La laca es una sustancia resinosa que se endurece al contacto con el aire. Ej. Cochinillas como *Coccus perlatus*.

c. Glándulas sericíparas: Se encuentran principalmente en la región cefálica o están relacionadas con el proctodeo. Segregan seda. La seda en los insectos suele ser una proteína fibrosa que contiene del 10 al 60% de glicina. Se produce en hilos y sirve para refugio o para formar el capullo por ej. de los lepidópteros. Los más característicos productores de seda son los Bombícidos (gusano de seda), en estos la seda es producida por las glándulas salivales.

d. Glándulas urticantes: Son subhipodérmicas o epidérmicas y muy comunes en larvas de lepidópteros. Están relacionadas a pelos huecos y ramificados que, al romperse, descargan sustancias irritantes que en muchos casos puede producir urticaria. Ejs.: algunas larvas de Coleópteros.

e. Glándulas frontales: Se presenta en Isópteros (termites) y producen sustancias adhesivas. Los “nasutis” (soldados nasutis, con la cabeza prolongada en un rostro alargado y reducción mandibular) las utilizan para la defensa o construcción y reparación del nido.

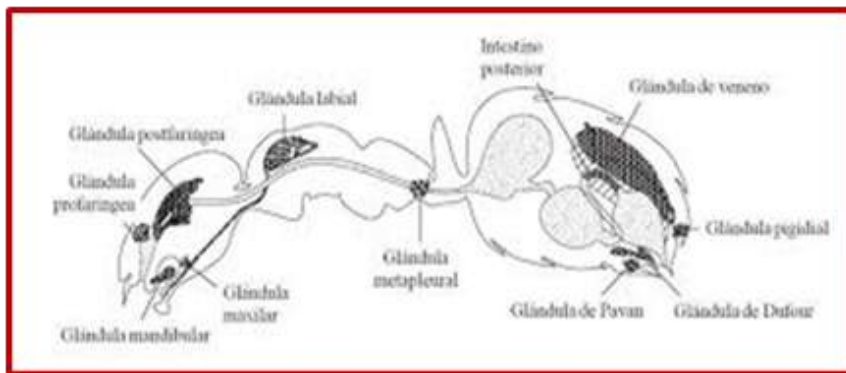
Figura N° 99. Secreción de sustancias defensivas.



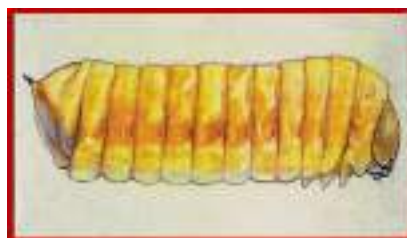
Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

f. Glándulas mandibulares, maxilares y labiales: Se hallan en diferentes órdenes y estados de desarrollo de insectos y son consideradas como glándulas salivales. Las mandíbulas en las cucarachas (Dictyoptera) segregan una sustancia de gregarización. Las labiales en larvas de lepidópteros y tricópteros por ejemplo, como vimos anteriormente, son las encargadas de producir seda = Glándulas sericíparas.

Figura N° 100. Diferentes glándulas exócrinas presentes en hormigas.

Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

g. Glándulas protorácicas dorsales: Se presentan en algunas familias de los órdenes Coleóptera y Lepidóptera. La larva de *Papilio thoas* “Perro de los naranjos” posee una glándula exétil en forma de cuerno, que se evagina cuando el insecto es irritado, produciendo un olor característico desagradable. En *Sirex noctilio* (Hymenoptera), la larva también presenta un apéndice característico en el extremo del abdomen.

Figura N° 101. Larva de *Sirex noctilio*.

Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

h. Glándulas de los apéndices torácicos: Algunas están relacionadas con escamas de las alas de algunos insectos, por ejemplo, Machos de Lepidóptera; otras pueden ubicarse en las patas, con funciones atrayentes o repelentes, ubicadas en el tarso o articulación fémoro-tibial.

i. Glándulas tergopleurales: Cumplen generalmente funciones repulsivas en formícidos, ninfas de hemípteros y de lepidóptero, y son formadoras de espuma en ciertos Auchenorrhyncha como las “Chicharrita de la espuma”. En las chinches, por ejemplo, se encuentran en el dorso del abdomen cuando son ninfas y, en el metatórax, cuando son adultos.

j. Glándulas ventrales: Se encuentran en machos principalmente de Lepidópteros, cumpliendo funciones de atracción sexual; y en Himenópteros apocritos, ciertas glándulas reproductivas accesorias relacionadas con el ovipositor se modifican y producen sustancias defensivas (veneno). Este veneno es inyectado a la víctima por el ovipositor transformado en aguijón.

Feromonas

Se denominan feromonas a las hormonas producidas por glándulas dérmicas que ejercen una notable influencia sobre los miembros de una misma especie. Ellas son las encargadas de modificar el comportamiento o incluso el desarrollo de otros insectos de la misma especie.

Estas glándulas productoras de feromonas pueden estar localizadas en diferentes partes del cuerpo del insecto. Estas sustancias son producidas por un individuo y percibida por otro de la misma especie.

Cuando la comunicación química tiene lugar entre individuos de diferentes especies (comunicación interespecífica), pueden presentarse dos situaciones: que el metabolito beneficie al individuo que lo elabora, en cuyo caso se la denomina como **alomona**; o que beneficie al que lo reciba o consuma, denominándose entonces **cairomona**. Tales sustancias no son metabolitos primarios; es decir, no son esenciales para el crecimiento y la reproducción del individuo. Actualmente, tanto **alomonas** como **cairomonas** son consideradas **aleloquímicos**, entendiéndose por estos, a metabolitos secundarios que pueden afectar el crecimiento, la salud, la biología poblacional o el comportamiento de individuos de otras especies.

Se pueden considerar dos tipos de feromonas: inductoras y modificadoras.

- a. Las feromonas inductoras:** producen una modificación inmediata del comportamiento de los individuos que las perciben. Son las feromonas de gregarización, sexuales, de alarma, de rastreo, etc.

- b. Las feromonas modificadoras:** inducen modificaciones importantes en la fisiología de los individuos que las captan.

El estudio de las feromonas en los insectos sociales o su acción socioquímica no representa una nueva disciplina. Muchas feromonas son conocidas a través de los insectos sociales que las usan en tareas tan diversas como los comportamientos de alarma, orientación, marcaje de rastro, reconocimiento de nido, atracción sexual y otros.

Las **abejas**, por ejemplo, producen por lo menos **36 feromonas** que, en forma conjunta, constituyen un lenguaje químico algo complejo. Sin embargo, todas ellas emiten secreciones que provocan comportamientos específicos. Los **compuestos socioquímicos** de la **abeja reina** pertenecen a una clase de feromonas que podrían considerarse primarias, las cuales ejercen un nivel de control sobre la reproducción en la colonia e influyen en otros comportamientos. Es más, ser **excitatorias o inhibitorias** va a depender de la función específica a cumplir.

La abeja reina (*Apis mellifera* L.) secreta a partir de las **glándulas mandibulares** feromonas primarias. Tales glándulas se disponen a ambos lados de la cabeza y regulan el comportamiento reproductivo de la colonia. Cada glándula se conecta con la mandíbula por un conducto; esta válvula regula la descarga de las secreciones. La reina puede también sintetizar feromonas en las **glándulas tergaes**, las cuales representan unos complejos subhipodérmicos de células cerca del área posterior a los tergitos o placas dorsales. Las funciones de las secreciones de las glándulas **tergitas** o **tergaes** no han sido aún establecidas en forma definitiva.

Las feromonas secretadas por las glándulas mandibulares de la abeja reina, que se han identificado como 9-ceto-2 transdecanoico, producen la atracción sexual del macho durante el vuelo nupcial. También prevén la construcción de celdas reales para nuevas reinas. Aparentemente, ese ácido graso no es responsable de la inhibición del desarrollo ovárico en las obreras cuando estas lo ingieren. Es probable que otra feromona sea responsable de ese efecto, como lo podría ser la feromona producida por las glándulas de las tergitas, complejos subepidérmicos de las células glandulares próximas a la parte posterior de algunas tergitas o placas dorsales. Otro ácido graso es

el trans-10n-hidroxi-2-decenoico, presente en la jalea real que constituye el alimento de las abejas que se transformarán en reinas.

También es muy probable que las diferentes castas de termitas estén controladas por dos feromonas: la feromona liberada por la casta reproductora, que puede ser la propia hormona juvenil; mientras que un inhibidor de la hormona juvenil puede ser producido por los soldados.

En la cabeza, solo se conoce el papel de las glándulas mandibulares que segregan una feromona de gregarización. Ej. Hormigas (Orden: Hymenoptera).

Otras vierten su contenido al exterior en la cápsula cefálica, pero se desconoce su efecto tal como sucede con las glándulas intralabiales, hipofaríngeas, faríngeas, maxilares, hipostómicas superiores e inferiores y collares.

A nivel del abdomen, la función de las glándulas se conoce mejor. Los tergales únicamente presentes en los machos adultos cumplen una función importante durante el acoplamiento, ya que las hembras lamen sus secreciones. Las glándulas tergales tienen función defensiva, en otros casos son las esternales las que cumplen esa función.

Sistema endócrino

Glándulas de secreción interna

Este sistema está integrado por un conjunto de glándulas y neurosecretoras productoras de hormonas circunlantes, que intervienen en varios procesos, principalmente durante la muda y el crecimiento.

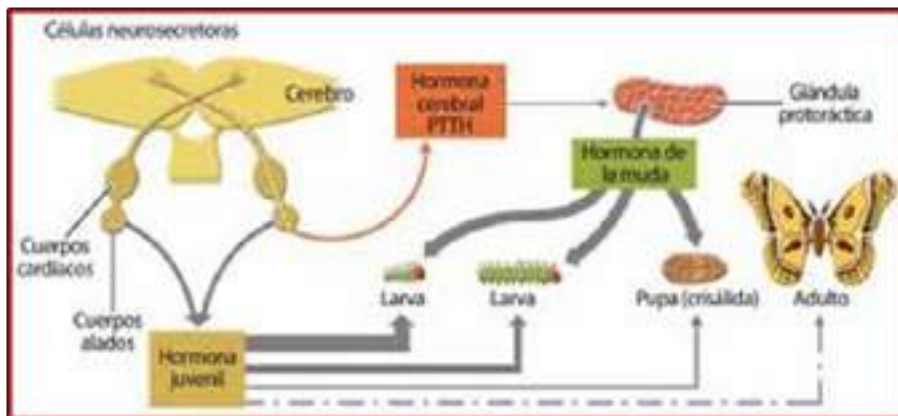
Las principales glándulas endócrinas son:

- a. **Las células neurosecretoras:** Son grandes células situadas en ciertos ganglios del sistema nervioso. Funcionan como neuronas que presentan actividad nerviosa y poseen funciones endócrinas. Las más importantes están en el cerebro. La más destacable de todas es la llamada **ecd isotropina HPTT**. Está relacionada con el proceso de muda de los insectos; otras hormonas están relacionadas con la finalización de la diapausa. Estas células producen sustancias

hormonales que estimulan el desarrollo de los ovarios en las hembras adultas y el endurecimiento y oscurecimiento de la cutícula, y además otros procesos en la fisiología de los insectos. También se encuentran células neurosecretoras en el cuerpo cardíaco (especie de saco ciego dispuesto inmediatamente detrás del cerebro), en el ganglio subesofágico y en los ganglios del cordón nervioso. Ejemplos de estas neurosecreciones (pequeñísimos péptidos) son las hormonas que intervienen en los cambios de color de algunos adultos y pupas de *Pieris* (Lepidóptera) y la hormona que controla la reabsorción rectal o la diapausa en el gusano de seda.

- b. Los cuerpos cardíacos:** Son un par de ganglios conectados al cerebro por dos nervios y otros ganglios. Contienen las terminaciones de los axones de las células neurosecretoras del cerebro, cuyas hormonas almacenan y liberan a la hemolinfa.
- c. Las glándulas protorácicas:** Son unas estructuras pares que se encuentran en la cabeza o en el protórax de la mayoría de los estados inmaduros de los insectos. Estas glándulas producen hormonas conocidas como **Ecdisonas**, que causan numerosos efectos en el insecto: inician el proceso de muda al actuar sobre la epidermis del tegumento, causan la deposición de la cutícula, estimulan el crecimiento de los discos imaginales y conducen a la finalización de la diapausa postembrionaria. Estas glándulas son activadas por hormonas secretadas por los cuerpos cardíacos. Desaparecen cuando el insecto llega al estado adulto.

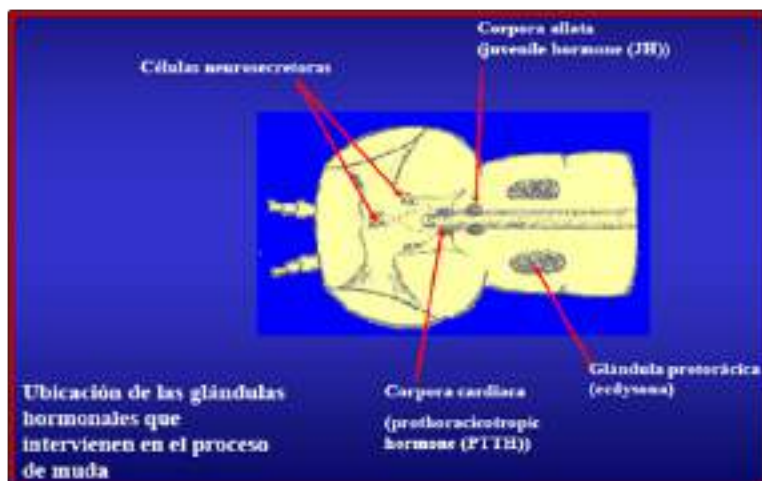
Figura N° 102. Relación entre las distintas glándulas que componen el sistema endócrino del insecto.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

La fuente productora de Ecdisona (hormona de la muda) son las glándulas protorácicas presentes en las larvas y pupas de los insectos. Las hormonas del cerebro son necesarias para activar estas glándulas.

Figura N° 103. Ubicación de las glándulas hormonales que intervienen en el proceso de la muda.



Fuente: Quintana de Quinteros, 2011.

d. Los cuerpos alados conocidos como Corpora Allata: Son dos glándulas situadas detrás del cerebro, cerca de los cuerpos cardíacos, con los que están conectados mediante nervios. Están en todos los insectos y secretan sustancias hormonales (las denominadas hormonas juveniles) cuya función fundamental es la de inhibir la aparición de caracteres imaginales durante el desarrollo postembriónico. En el caso de las hembras, sus hormonas estimulan la deposición de sustancias de reservas en el huevo, para la actividad secretora de los oviductos que forman la Ooteca, y en los machos, para que se formen ciertas glándulas reproductivas accesorias como el espermatóforo.

En las diferentes especies, el cerebro, la glándula Protorácica o el ganglio subesofágico intervienen en la suspensión temporaria de la actividad vital o diapausa.

***Diapausa:** es una característica específica, iniciada por un mecanismo interno de regulación, que produce la suspensión de dicha actividad cuando se dan condiciones desfavorables y aún persiste por un tiempo en condiciones favorables. Cambios de T°, humedad y fotoperiodo pueden producir, a su vez, cambios en la actividad normal del cerebro y originar modificaciones en el estado de diapausa.

Sistema circulatorio

En los insectos no existe un conjunto de vasos especializados para efectuar el transporte de sangre, como en otros artrópodos. Esta fluye por la cavidad del cuerpo o hemocele en la mayor parte de su recorrido, por lo cual, la circulación es considerada de tipo abierta o lacunar.

El sistema circulatorio consta de un órgano propulsor activo llamado vaso dorsal, que se extiende desde la cabeza hasta el extremo posterior del cuerpo; de los órganos accesorios asociados a la función circulatoria -alguno de los cuales intervienen en la pulsación-; y de un fluido hemático o sangre.

Órganos que lo constituyen

Vaso dorsal

Se encuentra a lo largo de la línea media del dorso del cuerpo, por debajo del tegumento, separado del seno visceral por el diafragma dorsal o cardiaco. Consta de dos partes:

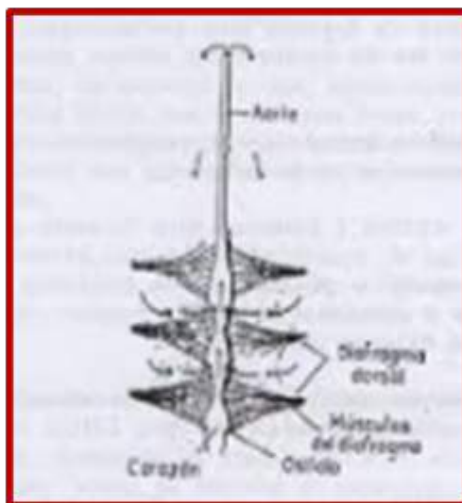
- **Corazón.** Porción posterior, que actúa como bomba propulsora principal, determinando la corriente sanguínea.
- **Aorta.** Parte anterior y tubular conductora, que llega hasta la cabeza.

La pared del corazón y de la aorta, órganos contráctiles, está constituida por una simple capa muscular, donde se distinguen fibrillas circulares estriadas, recubiertas por dos membranas.

El corazón, cerrado posteriormente, consta de una serie de constricciones llamadas cámaras cardíacas. Cuando dichas cámaras están ausentes, la porción posterior del vaso dorsal es más ensanchada y con paredes más gruesas. Las cámaras cardíacas poseen un par de aberturas laterales, llamadas ostiolos. Dichos ostiolos tienen válvulas que permiten la entrada de la hemolinfa al vaso dorsal e impiden su reflujo. En algunas especies, tales válvulas no están bien diferenciadas, existiendo en este caso procesos engrosados o pliegues intracardiacos.

El vaso dorsal se prolonga hacia adelante por la aorta, que se extiende a través del tórax y termina en la cabeza, pudiendo considerarla como una arteria principal del cuerpo. En algunos insectos, su extremidad anterior es simplemente una abertura, pero en la mayoría de las especies se divide en dos ramas cefálicas.

Figura N° 104. Vaso sanguíneo dorsal.



Nota: Esquema de la aorta y de las tres cámaras del corazón con la parte correspondiente del diafragma dorsal, vista dorsalmente.

Las flechas indican el curso de circulación.

Fuente: Ross, 1968.

Órganos accesorios

Los órganos accesorios son los diafragmas, que contribuyen a orientar la corriente sanguínea: uno dorsal y otro ventral.

El diafragma dorsal o cardíaco separa el seno cardíaco del visceral; y el diafragma ventral, no siempre presente, el seno visceral del nervioso. En ambos casos, la separación es más o menos incompleta, ya que existen aberturas comunicantes laterales que relacionan a los senos entre sí.

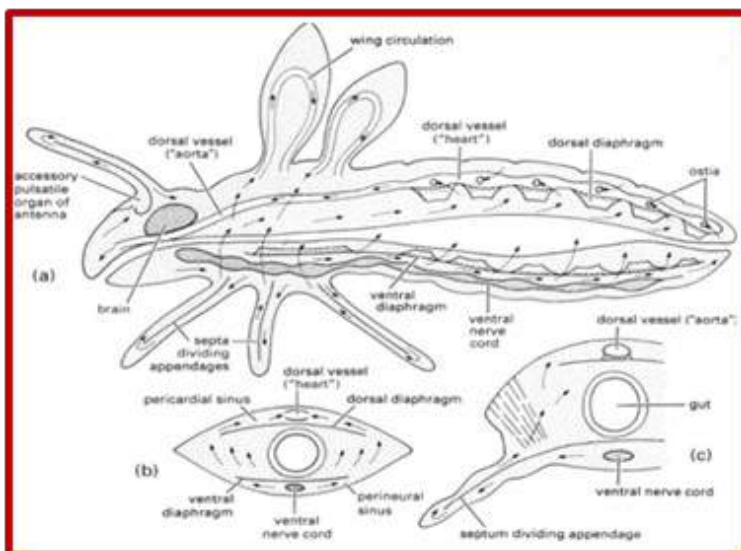
Están constituidos por fibras musculares. Las fibras del diafragma dorsal forman los músculos aliformes o alares, expansiones laminares o tabiques que se insertan en las paredes laterales de los terigotos por un lado y, por otro, en las paredes del vaso dorsal.

Se encuentran, además, órganos accesorios pulsátiles, independientes del corazón, situados en varias regiones del cuerpo, que aseguran una adecuada circulación de la sangre.

En el mesotórax y metatórax de los insectos de vuelo rápido se encuentran los órganos pulsátiles torácicos. Son cavidades provistas de membranas flexibles que actúan como bomba, encargadas de atraer la sangre de las alas hacia la aorta.

En los Hemípteros existen órganos pulsátiles en las patas. En los lepidópteros hay una vesícula pulsátil en la base de la antena.

Figura N° 105. Sistema circulatorio.



Nota: a: Insecto con sistema circulatorio completamente desarrollado.

b: Sección transversal del tórax del mismo. c: Sección transversal del abdomen.

Las flechas indican el curso de circulación.

Fuente: Wigglesworth, 1978.

Sangre o Hemolinfa

Es un fluido extracelular cuya cantidad y composición varía con las diferentes especies. Baña la cavidad del cuerpo, sus órganos y apéndices. Está compuesta por una parte líquida, el plasma y células sanguíneas llamadas hemocitos.

El plasma consta de un 85% de agua. Es ligeramente ácido e incluye aminoácidos, proteínas, sustancias inorgánicas, azúcares, ácidos orgánicos,

sales, grasas, sustancias reductoras, etc., todas ellas en cantidades variables. A menudo es pigmentado por la presencia de α -caroteno, clorofila a y b, riboflavina y, excepcionalmente, por hemoglobina.

Existen varios tipos de células sanguíneas, cuya agrupación se ha hecho teniendo en cuenta la forma, estructura del núcleo, reacción del citoplasma, características de sus inclusiones, como así también de su función.

Los hemocitos, llamados plasmocitos, se multiplican y se desarrollan en la cavidad del cuerpo durante toda la vida del insecto, siendo más abundante durante la muda y metamorfosis. Algunos permanecen libres, pero la mayoría se adhiere en grupos sobre la superficie de los tejidos, principalmente sobre el vaso dorsal, constituyendo verdaderos órganos fagocíticos, de bacterias vivas y muertas y restos de tejidos. Se congregan, también, alrededor de cuerpos extraños y de ciertos parásitos, a los que engloban en una especie de cápsula y, probablemente, contribuyan a la formación de tejido conjuntivo.

Entre los hemocitos se encuentran células no fagocíticas, llamadas enocitoides, que se agrupan alrededor de cuerpos extraños, en una zona periférica a los propios plasmocitos y cuya función aún se desconoce.

Existen órganos y tejidos relacionados con la sangre, que llevan a cabo varias funciones:

- **Células pericardiales:** Se hallan dispersas en el vaso dorsal y en los músculos alares; cumplen funciones en el metabolismo intermedio o bien como órganos excretores, ya que sintetizan productos de desecho que luego son eliminados por los tubos de Malpighi. Actúan también como aceleradores del ritmo cardíaco.
- **Cuerpo adiposo:** Es un tejido muy visible, cuyas células poseen gran cantidad de mitocondrias, muy ricas en enzimas y ácido ribonucleico. Actúa como un importante reservorio de grasa, glucógeno y proteínas y, algunas veces, de ácido úrico y caliza. Participa en la síntesis de proteínas para verterlas en la sangre y contribuir al desarrollo de los huevos.
- **Enocitos:** Son células epidérmicas distribuidas en el cuerpo adiposo o entre la epidermis y la membrana basal. Están especializadas en la absorción de algunos constituyentes de la cutícula, como la

lipoproteína de la capa cuticular o cera cuticular y en la síntesis de hidratos de carbono.

Funciones de la sangre

La sangre cumple funciones como tejido vivo y por acción mecánica.

- a.** Entre las funciones como **tejido vivo** podemos decir que:
- Interviene en la nutrición, ya que transporta materiales nutrientes y hormonales hasta los tejidos, así como los productos de desechos a los órganos excretores.
 - Constituye una importante fuente de reservas de material alimenticio, principalmente para el estado de pupa, en el que gran parte del metabolismo energético se efectúa a expensas de la sangre.
 - Juega un papel preponderante en la respiración, ya que la sangre actúa como portadora de oxígeno. El oxígeno es transportado por el sistema traqueal; sin embargo, existen muchas células que están bastantes separadas de los tubos traqueales; y, en las pupas, los órganos pueden estar exentos de tráqueas, por lo que, en estos casos, la sangre es la encargada de la oxigenación.
 - Participa en la inmunidad, por cuanto las células fagocíticas de la sangre, plasmocitos, proporcionan el principal mecanismo de protección del insecto frente a la invasión bacteriana y se congregan alrededor de cuerpos extraños y ciertos parásitos, a los que encapsulan.
 - Interviene en el cierre de heridas por coagulación a través de los hemocitos, formando verdaderos tapones.
 - Toma parte activa en la formación de tejido conjuntivo y en el metabolismo intermedio, al convertir tirosina a polifenoles, necesarios para la formación de melanina y esclerotina y quizá en la formación de algunas proteínas sanguíneas.
- b.** Entre las funciones **mecánicas**, la sangre desempeña un papel importante en la transmisión de presión, desde una región del cuerpo a otra, necesaria para la ruptura de los huevos en el momento de la

eclosión, también para el desplegado del exoesqueleto después de la muda, expansión de alas, etc.

Circulación

La sangre en los insectos es aspirada dentro del corazón durante la **diástole**. Esta fuerza para realizar la aspiración se debe, por una parte, a las paredes musculares elásticas del propio corazón y, por otra, a la tracción elástica del diafragma dorsal y a la contracción, de los músculos aliformes del propio diafragma.

Durante la **sístole**, se desarrolla una débil presión positiva y la sangre se dirige hacia adelante, por la aorta, impulsada mediante ondas peristálticas que comienzan en el extremo posterior del corazón, o bien por acción de las válvulas ostiolas.

La circulación de la sangre está asegurada por el trabajo del corazón, que la aspira de la cavidad abdominal y la bombea hacia la cabeza. Desde allí, la sangre se filtra lentamente hacia atrás, a través de los tejidos o bien la aorta la descarga en determinadas direcciones.

En el tórax pueden encontrarse, además, bombas accesorias que aspiran la sangre de la cavidad torácicas y la retornan a la aorta o a la misma cavidad. Los órganos accesorios de bombeo pueden irrigar las antenas, patas y alas, pero en muchos casos la circulación en los apéndices se efectúa por los propios movimientos musculares o por los cambios de presión en el abdomen, como consecuencia de los movimientos respiratorios.

En aquellos insectos en los que el diafragma ventral está bien desarrollado, se producen ondas, como consecuencia de la contracción, de sus fibras musculares, que conducen la sangre hacia la parte posterior y lateral del cuerpo.

Sistema reproductor

Está formado por un conjunto de órganos muy evolucionados, situados en el abdomen y cuyas funciones son la de producir las células sexuales y asegurar la cópula y la postura.

Los insectos, salvo rarísimas excepciones, son anfigónicos o unisexuales, es decir que solo un sexo está presente en cada individuo.

El aparato reproductor de machos y hembras está formado por:

- Glándula sexual o gónada.
- Conductos y glándulas accesorias.
- Estructura externa quitinosa.

Existe una gran correspondencia entre los órganos de reproducción femenino y masculino, que se detalla a continuación:

Cuadro N° 3. Sistema reproductor de los insectos.

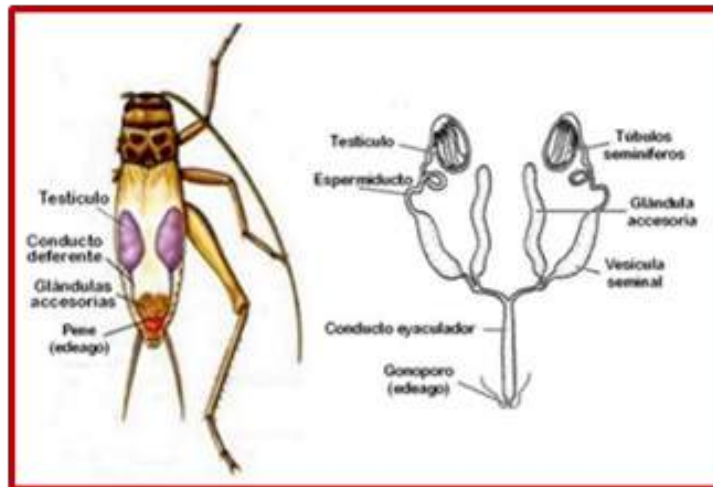
	ÓRGANOS MASCULINOS	ÓRGANOS FEMENINOS
GÓNADA	Testículos pares	Ovarios pares
CONDUCTOS Y GLÁNDULAS ACCESORIAS	Vasos deferentes pares, vesículas seminales, conducto eyaculador mediano, glándulas accesorias	Oviductos pares, cálices ovulares, vagina mediana, glándulas accesorias
ESTRUCTURA EXTERNA QUITINOSA	Genitales externos	Ovipositor

Fuente: Gallardo *et al.*, 2019.

Sistema reproductor masculino

La gónada masculina, encargada de producir las células sexuales, está representada por un par de testículos, aunque hay insectos que solo poseen uno, dispuesto en la línea media o presentan testículos secundarios, situados por debajo o al costado del intestino posterior o proctodeo.

Figura N° 106. Aparato reproductor masculino.



Fuente: Gallado *et al.*, 2019.

Cada testículo es más o menos ovoide y está formado por la unión de folículos o tubos espermáticos, envueltos por una vaina común, conjuntiva, en cuyo interior se encuentran las células masculinas en distintos estados de desarrollo.

Cada folículo desemboca de un pequeño conducto llamado vaso eferente. El conjunto de estos se une formando un conducto común para cada testículo, llamado vaso deferente.

Los vasos deferentes, en número par, están constituidos por una pared epitelial gruesa, dispuesta sobre una membrana basal y protegidos por fibras musculares circulares. Estos vasos pueden ser rectos o curvos; en algunos casos, existen dilataciones en donde son almacenados los espermatozoides maduros, llamadas vesículas seminales.

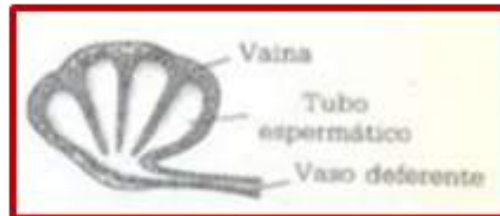
En los vasos deferentes, que normalmente están ubicados debajo de las vesículas seminales, vierten su contenido las glándulas accesorias, por lo general en número par, que son las encargadas de segregar sustancias líquidas, viscosas o mucosas que engloban a los espermatozoos.

Estos vasos desembocan en el conducto eyaculador mediano. Este conducto, invaginación del IX segmento abdominal y recubierto por fibras

circulares a modo de vaina, atraviesa el pene y termina en abertura externa, el gonoporo masculino, por donde se expulsa el esperma.

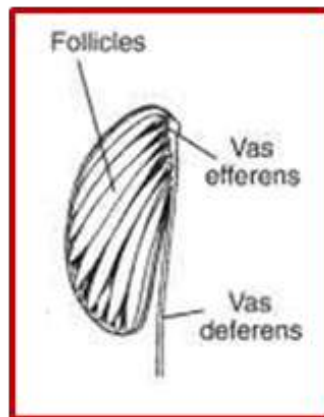
La estructura externa de los órganos sexuales masculinos se denomina genitalia. Está constituida por escleritos o porciones del extremo del proctodeo y es de importancia sistemática, dada su especificidad.

Figura N° 107. Sección de un testículo y conducto.



Fuente: Gallado *et al.*, 2019.

Figura N° 108. Estructura de un testículo.



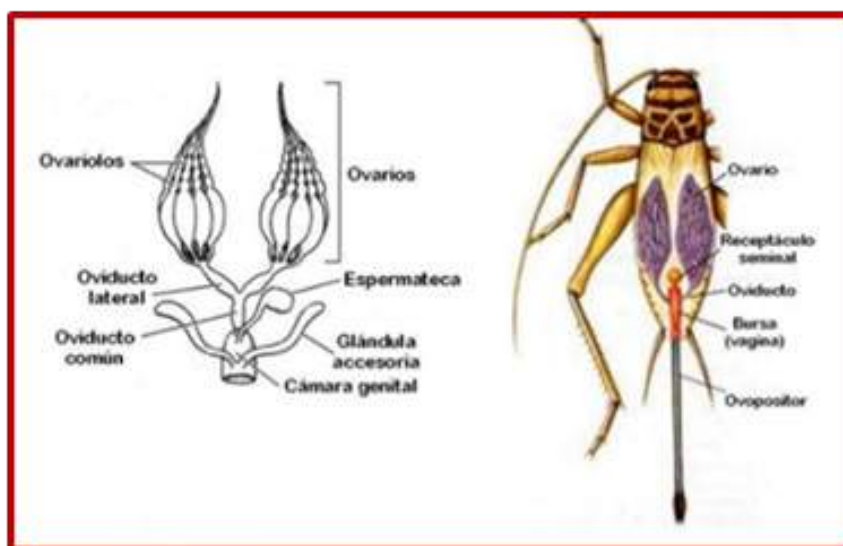
Fuente: Gallado *et al.*, 2019.

Sistema reproductor femenino

La gónada está representada por un par de ovarios constituidos por la unión de tubos ováricos llamados ovariolos. Estos ovariolos se reúnen en un extremo por medio de un ligamiento terminal, formando el filamento

suspensor o terminal. En el interior de los ovariolos se encuentran las células femeninas en distintos estados de desarrollo.

Figura N° 109. Aparato reproductor femenino.



Fuente: Gallado *et al.*, 2019.

El extremo distal de cada ovario se dilata para formar el cáliz ovárico. A partir de estos, uno por cada ovario, se inician los oviductos pares o laterales, que son tubos simples que, a su vez, forman uno impar y mediano: **el oviducto común**, invaginación de los últimos segmentos abdominales que termina en el gonoporo, en la cámara genital llamada vagina. Además del gonoporo, a la cámara genital llega el conducto de la espermateca, lugar de acumulación de los espermatozoides luego de la cópula.

En la vagina también desembocan las glándulas accesorias en número par, las cuales están relacionadas con la postura. Los órganos genitales externos de la hembra, u ovipositor, presentan una estructura compleja.

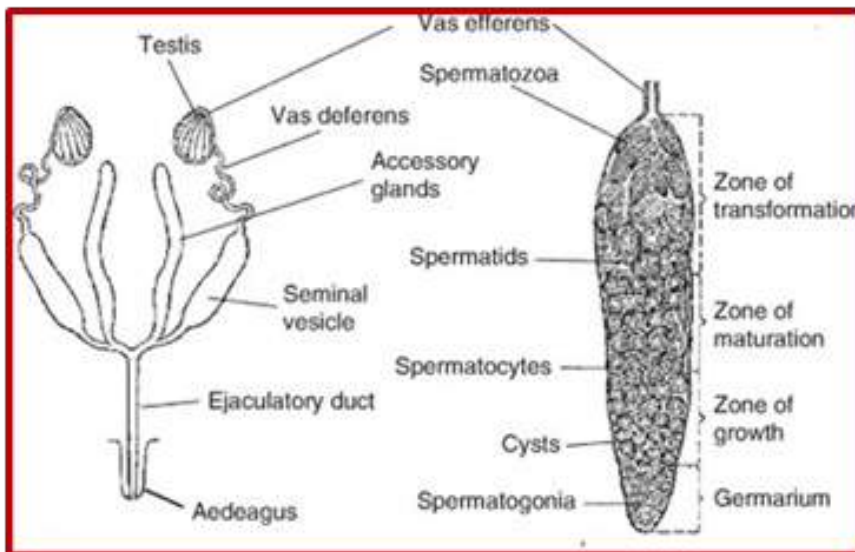
Producción de gametos masculinos y femeninos

Desarrollo de los espermatozoos (formación de gametos masculinos) (ver figura N° 108)

La porción superior de los folículos contiene células germinales primarias, denominadas espermatogonias.

Estas se dividen para formar quistes, que se dirigen hacia la base del folículo debido a la presión producida por su propio aumento de tamaño. Cada una de las células, en el interior del quiste se divide aumentando de 5 a 250 veces su número. En una nueva división se reduce el número de cromosomas y, posteriormente, las células esféricas se convierten en delgados espermatozoos flagelados, los que una vez maduros, salen del folículo y son almacenados en la vesícula seminal hasta la copulación. Cuando esta se produce, los espermatozoos son transferidos a la espermateca de la hembra, permaneciendo allí hasta el momento de la fecundación.

Figura N° 110. Sección longitudinal del tubo espermático.



Fuente: Snodgrass, 1935.

Desarrollo de los oocitos (formación de gametos femeninos)

Los **oocitos** se desarrollan en el interior de los ovariolos, en cuyos ápices, denominados germarios, se encuentran las células germinales

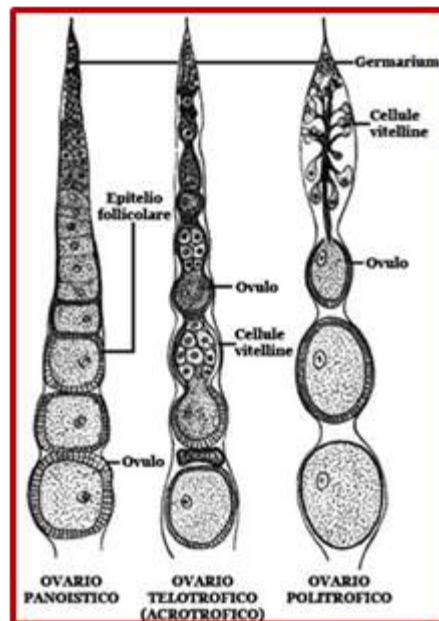
primarias, que se dividen para formar los oocitos. Estos aparecen en estados sucesivos de crecimiento y extraen alimento de las células epiteliales foliculares que forman cada ovario, o bien de células nodrizas.

En algunos insectos, las células nodrizas están confinadas en un extremo del ovario y conectados a los oocitos en desarrollo mediante largos cordones de nutrición; son las principales responsables de proveerles ácido ribonucleico, glucógeno y grasa.

Las células epiteliales foliculares intervienen en la síntesis de lípidos e hidratos de carbono y son las que suministran las proteínas a los oocitos.

Cuando el oocito está completamente desarrollado, se desprende hacia el interior del oviducto. Siempre lo hace uno por vez, a medida que madura, siendo rodeado por una cáscara o corion. Esta cáscara está perforada en uno o más puntos por diminutos poros o micrópilos y es, a través de ellos, por donde los espermatozoides pueden penetrar en el interior del oocito y fecundarlo, constituyendo el huevo.

Figura N° 111. Sección longitudinal de las ovariolos.



Fuente: Snodgrass, 1935.

Copulación

Está determinada por una gran cantidad de estímulos relacionados con la atracción mutua de los sexos: danzas de enjambre, señales luminosas, sonidos emitidos al batir las alas o al frotar partes del cuerpo, feromonas sexuales, etc.

El transporte del espermatozoos a la hembra durante el apareamiento difiere según las especies. En efecto, el pene del macho puede introducirse directamente en la espermateca de la hembra, o descargar en el interior de la vagina o en la bolsa copulatrix. En estos dos últimos casos, después de la cópula, los espermatozoos son transferidos a la espermateca.

En muchos insectos que poseen bolsa copulatrix, el conjunto de espermatozoos es depositado en su interior, en un saco membranoso, llamado espermatóforos, formado por la secreción de las glándulas accesorias del macho y que luego las hembras, al término de la cópula, lo expulsan vacío, debido a la transferencia de espermatozoos a la espermateca.

Fecundación

Los oocitos maduros que descienden por el oviducto hasta la vagina se disponen de tal modo que sus micrópilas se ubican al lado de la abertura de la espermateca. De este modo se facilita la penetración de los espermatozoos y se produce la fecundación, formándose el huevo o cigoto.

Oviposición

Los huevos descienden por los oviductos debido a la acción de ondas peristálticas y luego son depositados, aislados o en grupo, según los hábitos de las diferentes especies. Generalmente son cubiertos por una secreción de las glándulas accesorias, formando a veces verdaderas ootecas. En algunos insectos, dichas glándulas producen seda con la que construyen capullos.

Formas especiales de reproducción

Si bien la mayoría de los insectos se reproducen sexualmente, es decir con la intervención de machos y hembras y son ovíparos, existen otros sistemas reproductivos:

Partenogénesis. Es un tipo de reproducción bastante común, por el cual los individuos pueden desarrollarse a partir de oocitos, sin previa fertilización. Ejemplos comunes son la aparición de la casta de los zánganos entre las abejas y los pulgones, que, durante el verano, producen una sucesión de generaciones partenogenéticas.

Paidogénesis. Es un tipo de reproducción precoz, que ocurre en el estado larval, de allí que se denomine “parto de niñas”, en el que los oocitos se desarrollan partenogenéticamente dentro de los ovarios, hasta que las larvas hijas resultantes quedan libres en el hemocele de la larva madre, al que luego destruyen. Este fenómeno se observa en las larvas de dípteros Miastor.

Poliembrionismo. Es una forma de reproducción asexual poco común entre los insectos, mediante la cual surgen dos o más de mil embriones a partir de un solo huevo. Este tipo reproductivo se presenta entre los himenópteros parásitos.

Hermafroditismo. En este caso, un solo individuo produce tanto espermatozoos como oocitos, que se fertilizan con el esperma del mismo individuo, o bien las hembras hermafroditas pueden copular con machos de la misma especie. El ejemplo más conocido es el de la raza californiana de la cochinilla *Icerya purchasi*.

Ovoviviparidad. Los huevos son retenidos en el aparato genital de la hembra hasta que entran en avanzado estado de desarrollo. En varios dípteros taquínidos los huevos contienen larvas totalmente formadas, escapando al corion durante la Oviposición.

Viviparidad. En algunos insectos, los embriones se incuban en el útero, alimentándose hasta su desarrollo completo gracias a la existencia de glándulas especiales de “Leche”, que son glándulas accesorias modificadas. En las formas partenogenéticas de los áfidos o pulgones, el embrión contenido en membranas muy delgadas, se nutre del epitelio folicular hasta su completo desarrollo.

Bibliografía

Citada

CHABOUSSOU, F. (1980). *Les plantes malades des pesticides*. París, Francia: Editorial Utovie.

GALLARDO, C.; TAPIA, S.; AGOSTINI, S. y MEDINA, O. (2019). *Anatomía Interna de Insectos*. Apuntes de Cátedra. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

MACHADO, L. C. P. y MACHADO L. C. (h) P. (2016). *La Dialéctica de la Agroecología. Contribución para un mundo con alimentos sin veneno*. (1.^{ra} ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferio Sur.

QUINTANA de QUINTEROS, S. (2011). *Morfología Interna de Insectos*. Apuntes teóricos. Cátedra de Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu.

RESTREPO RIVERA, J. (2000). *Teoría de la Trofobiosis. Plantas enfermas por el uso de agrotóxicos*. Posgrado: Ecología y Recursos Naturales. Digitalización: jafm.

ROSS, H. H. (1968). *Introducción a la Entomología General y Aplicada*. Barcelona: Ed. Omega S. A.

SNODGRAS, R. L. (1935). *Principios de Morfología de Insectos*. Nueva York y Londres.

WIGGLESWORTH, V. B. (1978). *Fisiología de los insectos*. Zaragoza: Ed. Acribia.

Consultada

BONNEMAISON, L. (1964). *Enemigos naturales de las plantas cultivadas y forestales*. 1: 142-151. Barcelona: Ed. de Occidentales S.A.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P.; BATISTA, G. C.; BERTHI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. y VENDRAMIN, J. D. (1978). *Manual de Entomología Agrícola*. Sao Paulo: Edit. Agron. Ceres Ltda.

MASSON, C. y BROSSUT, R. (1981). "La comunicación química en los insectos". *Mundo Científico*. 1 (4): 360-371. Barcelona: Ed. Fontalba S. A.

WIGGLESWORTH, V. B. (1939). *The principles of insect physiology*. Londres y Nueva York: E.P. Dutton and Co.

NOCIONES DE ECOLOGÍA

Técnicas de muestreo

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Silvia Tapia

Ing. Agr. Omar Medina

El término ecología deriva del vocablo griego “oikos” que significa casa o lugar donde se vive, de allí su definición: “Es la ciencia que estudia las relaciones entre los organismos o grupos de organismos con su medio; las interrelaciones de los seres vivos entre sí y con su ambiente” (Odum, 1972).

Para comprender la importancia de su conocimiento en Zoología Agrícola necesariamente debemos recordar el **concepto plaga**:

Ringuelet (1958) señala, desde el punto de vista biológico, que se considera **plaga** a cualquier organismo cuyo aumento numérico provoca un cambio severo en las comunidades naturales de plantas o animales (flora y fauna), o produce una incidencia negativa en las actividades del hombre (cultivos, productos almacenados, útiles, construcciones, etc.) o su salud, causando una pérdida económica.

Sabemos que todos los seres vivos, animales y vegetales, juegan un papel fundamental en la naturaleza, a tal punto de no existir un organismo que no intervenga en alguna de las complejas y delicadas redes alimentarias donde unas formas dependen de otras para su subsistencia. Por otra parte, un sistema ecológico alterado por cualquier circunstancia tiende a reestablecer su equilibrio gracias a su constante dinámica; por lo que, el concepto de plaga está relacionado con el desequilibrio de las comunidades naturales, o sea con las fluctuaciones del número de individuos.

La aparición de la especie plaga, por lo tanto, es la consecuencia lógica del cambio de la situación original, pero puede dejar de serlo en otra circunstancia.

Características biológicas de los disturbios:

- La introducción de los cultivos ha provocado un cambio en el equilibrio del ecosistema; y, sobre todo, un cambio en el equilibrio interno de las plantas
- La característica de plaga no es únicamente una cualidad intrínseca de la especie, sino un estado circunstancial, resultado de la sumatoria de una serie de factores.
- Entre los factores extrínsecos: se hallan las condiciones físicas, bióticas y nutricionales favorables para la especie
- Entre los factores intrínsecos: se menciona su capacidad reproductiva; potenciada cuando las condiciones anteriores les son favorables.

Figura N° 112. Cultivo de caña de azúcar y tabaco en Jujuy.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Ver Anexo I para comprender mejor el desequilibrio que favorece la aparición de más y nuevas plagas.

Dada la interdependencia existente de los organismos entre sí, en un área determinada y con la aparición de condiciones ambientales (incluidas las nutricionales) diferentes a las originales, se puede causar no solo la desaparición de una especie, sino que su eliminación puede afectar a otras que la controlaban, o bien favorecer a las ocasionales u oportunistas, facilitando que estas se constituyan en plaga.

La langosta, insecto sedentario que en condiciones normales es de hábito solitario y sedentario, frente a condiciones de una extrema sequía o

a falta de alimento se torna gregaria y, con la ayuda de los vientos, migra a zonas cultivadas, produciendo devastadores avances.

Figura N° 113. Langostas en estado de gregarización.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

El hombre no queda excluido del contexto al intervenir en la naturaleza, eliminando parte de la biomasa en grandes extensiones en forma rápida; y al realizar prácticas de cultivo que afectan de manera negativa al suelo y a la biodiversidad, prácticas promovidas por la Revolución Verde, favorece el desarrollo de las especies que crecen y se adaptan rápidamente a la nueva situación modificada. Afortunadamente, la ciencia de la vida aplicada a la producción de alimentos avanzó significativa en las últimas décadas, de manera tal que en la actualidad es posible producir alimentos en cantidad y calidad, sin degradar el ambiente y generando agroecosistemas sustentables y sostenibles además de ser económicamente rentables. Ejemplos de estos sistemas son el Pastoreo Racional Voisin (Machado, 2016), Sistemas Silvopastoriles, Agricultura Sintrópica (Gietzen, 2016), Manejo Holístico (Savory y Butterfield, 2018), entre otros sistemas de producción agroecológicos.

Desde una mirada **convencional** de producción, la lucha contra las plagas debe basarse en **disminuir la densidad poblacional** media de la especie competidora del hombre y mantenerla baja, sin propender

a su erradicación o eliminación; por el contrario, desde una mirada **agroecológica**, la “lucha” contra plagas se basa en producir en armonía ambiental **evitando la aparición epidémica de plagas**. Para el logro de este último objetivo es necesario conocer los agroecosistemas y su funcionamiento, para así planificar el proceso productivo con una mirada holística (Savory y Butterfield, 2018), ya que: “Un conocimiento de la ecología de una especie siempre es necesario para su control efectivo; pero su ecología puede entenderse correctamente sólo cuando se conoce su fisiología (...). En este sentido, anatomía, fisiología y ecología no son separables” (Wigglesworth, 1982: 1950).

Por lo tanto, la función del hombre consistirá en reestablecer el equilibrio perdido eliminando el exceso de población de la especie perjudicial (lucha convencional contra plagas), pero **principalmente corrigiendo las causas que motivaron su incremento** (“lucha” agroecológica contra plagas). Evitar los desequilibrios y corregir sus causas, dependiendo si es un suelo nuevo o viene con historial de cultivo, es clave para la producción agropecuaria sostenible y sustentable, producción que, en los últimos años, viene siendo demandada por la ONU (2018) para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

“El control de plagas exige del entomólogo agrícola un enfoque agroecológico” (Chaboussou, 1980), en donde se pondere una investigación interdisciplinaria y participativa de los distintos actores que intervienen en la producción agropecuaria. Ya que, como advertía Terán en 1969:

No se puede considerar a la plaga y al organismo que ésta afecta como factores aislados del ambiente en que se desarrollan. Con los poderosos medios de control que la ciencia y la técnica han puesto a nuestra disposición en los últimos tiempos correríamos el riesgo de alterar de tal grado esos ambientes, que el resultado final podría ser más desfavorable que el punto de partida, el perjuicio económico mayor y los problemas creados más difíciles de solucionar.

De hecho, en 1963, en EE. UU., Brannam ya mencionaba que “a pesar de haber progresado mucho la ciencia entomológica, los problemas causados

por los insectos parecen ser ahora más grandes que nunca. Tenemos más plagas de insectos, aunque usamos más y mejores insecticidas contra ellos y mejores medios para controlarlos". Y, en la actualidad, más de cinco décadas más tardes, las plagas y el costo para su control siguen aumentando de forma aún más generalizada (Machado, 2016). Esto refleja la necesidad de encarar el control de plagas con una mirada sistémica, es decir, entendiendo la relación de las plagas con su ambiente (ecología aplicada al control de plagas), y ya no apuntando únicamente a la biología del agente fitófago en cuestión.

Conceptos básicos

La Ecología estudia los componentes del ambiente y sus relaciones funcionales. Los componentes del ambiente que actúan sobre los diferentes organismos o comunidades son de origen físico y biológico.

Entre los factores físicos responsables de la distribución diurna, estacional y geográfica de las especies se hallan el clima y el suelo; y entre los factores biológicos, las plantas y los animales, siendo muy importante identificar las especies presentes, su disposición y abundancia.

El estudio de la Ecología animal y vegetal se llama Bioecología y se puede dividir en Autoecología y Cinecología.

La **Autoecología** es el estudio de las especies en forma individual, analizando su distribución en la comunidad y la influencia de los factores ambientales en su nicho ecológico.

La **Cinecología** es el estudio de las comunidades como un todo, observando su desarrollo, su población y las relaciones entre las especies componentes, la distribución mundial, además de los procesos de dispersión, adaptación y competencia. Comprende los estudios de las poblaciones, comunidades y ecosistemas.

a. Población: Es el conjunto de individuos de una misma especie que ocupa un lugar determinado en un tiempo determinado.

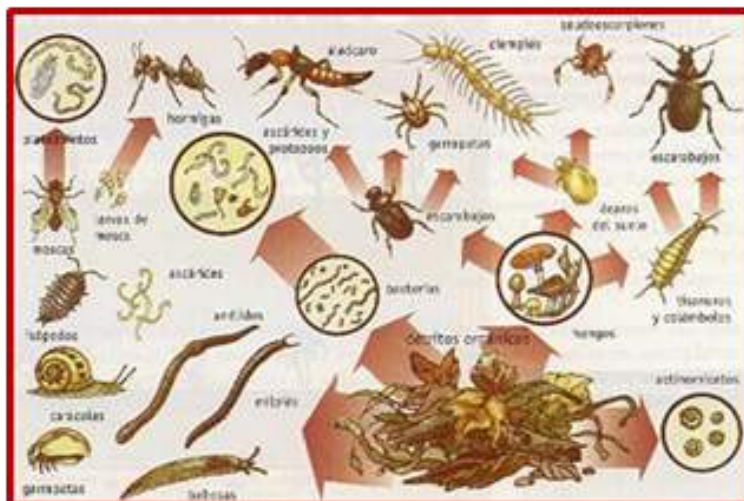
Figura N° 114. Población de Mariposas.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

b. Comunidad: Es el agrupamiento natural de poblaciones de diversas especies con capacidad de supervivencia y sustentación propia. Para que un organismo pueda vivir en una comunidad necesita satisfacer sus necesidades vitales mínimas.

Figura N° 115. Comunidad de invertebrados.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

c. Hábitat: Lugar donde vive un organismo o especie.

d. Nicho ecológico: Es la función que ese organismo desempeña en un ambiente determinado, es decir que el nicho depende no solamente de dónde vive, sino de lo que hace y de cómo es coaccionado por las otras especies.

e. Biocenosis: Son las asociaciones biológicas establecidas por los organismos de una misma comunidad.

f. Ecosistema: Es la unidad básica funcional de la ecología y está constituida por la asociación de comunidades bióticas y el medio ambiente.

Los componentes del Ecosistema actúan unos sobre otros de maneras diversas. De esta forma surgen otros conceptos:

- Se llama **acción ecológica** a la acción de los factores físicos sobre los organismos. Ej. Una helada sobre la muerte de larvas.
- Se llama **reacción ecológica** a la acción que realizan los organismos sobre el medio físico. Ej. El efecto de los descomponedores sobre el suelo.
- Se llama **coacción ecológica** a las interacciones de los organismos entre sí. Ej. Planta hospedadora y el fitófago. Su estudio y comprensión es fundamental para evitar los desequilibrios durante el proceso productivo, como lo explica la teoría de la Trofobiosis (Chaboussou, 1980).

Todas las especies tienen límites de tolerancia con respecto a los factores ambientales dentro de los cuales pueden desarrollarse más o menos exitosamente. Las especies que poseen amplios márgenes de tolerancia poseen normalmente una distribución mayor.

Factores físicos del Ecosistema

Los principales factores físicos que influyen en los diferentes organismos, regulando su distribución y abundancia, son: Climáticos y Edáficos (físicos).

Figura N° 116. Factores climáticos y edáficos del Ecosistema.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Climáticos

El conjunto de factores físicos atmosféricos de una determinada región constituye el Clima y es más o menos constante.

En los **microambientes**, que es un medio restringido en el cual se encuentra el animal en el momento de la observación, las condiciones climáticas difieren de las registradas con propósitos meteorológicos.

Los **microclimas** son los que abarcan la zona cuya altura está definida por la del estrato más alto de vegetación, hasta una profundidad en el suelo en la que hay vida. En diferentes ambientes, el número de microclimas es variable. Conocido el microambiente preferido por una especie fitófaga perjudicial, será conveniente reducirlo al mínimo mediante prácticas culturales y limitar sus posibilidades de supervivencia. Y, en caso de existir un controlador biológico, será conveniente optimizarlo al máximo. De hecho, las prácticas sustentables conducen a la combinación de ambas.

Cada estado de desarrollo de una especie tiene un óptimo, un máximo y un mínimo, con respecto a cada factor ambiental, rango dentro del cual la especie puede evolucionar. Entre los componentes del clima veremos: temperatura, humedad, viento, precipitación y luz.

Antes de empezar a describir los factores climáticos del ambiente, es necesario recordar el concepto de Coacción Ecológica redactado con anterioridad, debido a que los factores externos no solo influyen sobre el insecto (efecto directo), sino también sobre su hospedero (efecto indirecto) (Wigglesworth, 1982); siendo este último de gran repercusión en el crecimiento y desarrollo de los insectos (Chaboussou, 1980) (Ver Anexo I).

Temperatura

Es uno de los factores más críticos. Influye tanto directa como indirectamente sobre los insectos; directamente, afectando su desarrollo y comportamiento, e indirectamente afectando su alimentación.

Los insectos son animales de **sangre fría = poikiloterms** porque mantienen la temperatura del cuerpo próxima a la del medio. Algunos pueden sobrevivir a temperaturas extremas = **temperaturas elevadas** recurriendo a adaptaciones fisiológicas como **evaporación del agua** a través de la piel; o, pueden aumentar su temperatura por encima de la ambiental por cambios químicos o mediante la actividad muscular.

La mayoría de los procesos biológicos son inhibidos o frenados cuando la temperatura desciende y se aceleran cuando esta aumenta. La **vida** de un insecto solo es posible dentro de ciertos límites que varían en las diferentes especies.

Las **temperaturas máximas y mínimas efectivas** son las T° más alta y más baja en las cuales puede vivir indefinidamente un organismo en estado activo. La **amplitud térmica** dentro de la cual puede vivir un organismo es amplia en los organismos **euriterms** y estrechos en los **estenoterms**. Las **temperaturas máximas y mínimas de supervivencia** son las temperaturas más alta y más baja en las cuales la supervivencia es posible y depende del tiempo de exposición. La **temperatura óptima** es aquella considerada **ideal** para la vida de un organismo.

Silvera Neto *et al.* (1976) considera que la faja de temperaturas dentro de las cuales un insecto se desenvuelve puede ser la siguiente:

- **temperatura óptima:** estaría alrededor de los 25 °C.
- **temperatura máxima efectiva:** estaría alrededor de los 38 °C.
- **temperatura mínima efectiva:** estaría en los 15 °C.

Dentro de esta faja (15 – 38 °C) se encuentra la temperatura óptima para el desenvolvimiento de los insectos.

Dentro de los 38 y 48 °C, los insectos entran en **estivación temporaria**, pudiendo readquirir la actividad normal cuando baja la T°.

Dentro de los 48 a 52 °C, los insectos entran en **estivación permanente** = **irreversible**, ocurriendo la muerte a los 52 °C, como máximo.

Por debajo de los 15 °C, los insectos entran en **hibernación temporaria** hasta una temperatura crítica de 0°.

A temperaturas inferiores a 0 °C, el insecto entra en un estado **anabiótico** hasta la ocurrencia de la **muerte** a la temperatura mínima fatal de -20 °C.

Los procesos de estivación e hibernación caracterizan la **quiescencia**, término que no debe confundirse con **diapausa** que se utiliza para referirse a la detención del desarrollo en diferentes etapas de la vida de algunos insectos, como consecuencia de procesos controlados por hormonas.

Para escapar de las altas temperaturas, algunas especies migran, desplazándose periódicamente dentro del ámbito de su dispersión geográfica y retornan al lugar de partida individuos de las generaciones siguientes. Ej. *Colias lesbia* "Pilpinto de las coles".

La temperatura influye en el cumplimiento del ciclo de vida de los animales de sangre fría, los que completan su desarrollo más rápidamente en tiempo cálido. Ej. *Coccus hesperidum* "Cochinilla blanda de los cítricos", a 30 °C cumple su ciclo evolutivo en 24,7 días; mientras que, a 15 °C lo hace en 210 días.

La constante térmica: es el tiempo en que se desenvuelve una especie.

$$K = y (t-a)$$

Siendo:

- K = la constante térmica expresada en Grados día (GD)
- Y = la temperatura requerida para completar el ciclo de vida (días)
- T = la temperatura ambiente (°C)
- A = la temperatura mínima base o de desenvolvimiento
- (t-a) = la temperatura efectiva

La Mosca de los Frutos "*Ceratitis capitata*", criada al 70% de Humedad y a 26 °C, se desarrolla en 20 días a 26 °C. Siendo su T° mínima o base de 13,5 °C.

Figura N° 117. Mosca de los Frutos: Diptera (Tephritidae).



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Reemplazando los valores, criada a 26 °C nos daría:

$$K = 20 (26-13,5) = 250 \text{ GD}$$

Mientras que, a 19 °C se desarrolla en 41,7 días.

Reemplazando los valores, criada a 19,5 °C da aproximadamente

$$K = 41,7 (19,5-13,5) = 250,2 \text{ GD}$$

La velocidad de desarrollo se calcula por la recíproca ($V= 1$)

$$Y = \frac{K}{(t-a)}$$

El producto de la duración del desenvolvimiento por la temperatura efectiva es constante, siendo medida en grados día.

La estimación de los grados día (GD) puede ser hecha conociéndose las T° máximas (TM), mínimas (Tm), y la base (TB) (Silvera Neto *et al.*, 1976).

Humedad

Los organismos poseen de 70 a 90% de agua en sus cuerpos, de allí la importancia de un adecuado equilibrio hídrico. Los insectos que viven en productos almacenados tienen menor proporción de agua.

En los insectos pequeños, en donde la relación superficie-volumen es mayor, las posibilidades de muerte por falta de humedad aumentan, ya que el equilibrio hídrico es difícil de lograr.

La humedad se manifiesta a través de la lluvia (acción directa), la humedad del suelo y la humedad del aire. Esta última puede expresarse como humedad relativa, absoluta o déficit de saturación.

Los insectos pueden ser acuáticos (viven en el agua) o no, y se los clasifica en:

Hidrófilos: viven en ambientes muy húmedos o saturados. Ej. Diptera: Mosquitos.

Mesófilos: tienen moderada necesidad de agua y soportan variaciones grandes de humedad. Ej. Thysanoptera. Trips.

Xerófilos: viven en ambientes secos. Ej. Coleoptera: Tenebriónidae.

Figura N° 118. Náyades formas juveniles del “Caballito del diablo” presentan branquias foliáceas para respirar en el agua.



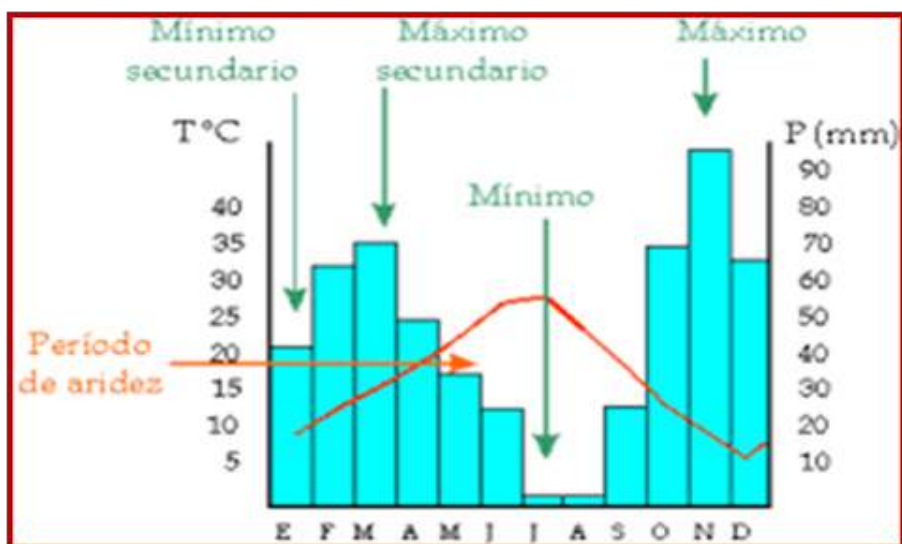
Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Del mismo modo que la temperatura, para cada especie existe un rango de humedad favorable, por encima y debajo del cual esta se torna desfavorable hasta causar la muerte.

En muchos casos, un factor físico condiciona la acción de otro, ejemplo de ello es la temperatura y la humedad cuyo efecto conjunto se pone de manifiesto en la duración del ciclo de vida de los diferentes organismos.

Los Climatogramas hacen referencia a una combinación de registros de temperatura y humedad; son una representación clásica del clima, que permite comparar regiones, estudiar el efecto conjunto de ambos factores, respecto a las posibilidades de desarrollo de una especie, conociendo las exigencias de la misma (condiciones óptimas y límites de tolerancia), y también permite predecir explosiones de una plaga, la adaptación, instalación y expansión de una especie en una región.

Figura N° 119. Ejemplo de Climatograma.



Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Desde el punto de vista ecológico, el balance hídrico puede ser de utilidad para los insectos que viven en contacto con el suelo, por lo menos en una etapa de su vida y que son influenciados por el volumen de agua en el mismo. Dicho balance explica, a veces, las razones de la fluctuación poblacional de una plaga.

La cantidad de lluvia que cae en un lugar es tan importante desde el punto de vista ecológico como su distribución, frecuencia e intensidad. De igual manera, es muy importante la infiltración y almacenamiento en el suelo: más importante que la cantidad de agua que cae es la cantidad de la misma que queda retenida y disponible para los cultivos.

Luz

Es de gran importancia por ser un factor que regula actividades e incide en el crecimiento, reproducción, quiescencia, coloración, etc. Mientras a algunos los estimula o excita, a otros los aquieta. Hay insectos que se activan en horas crepusculares o nocturnas y otros solo durante el día.

El **fotoperíodo** se define como la cantidad de luz a la que está expuesta un ser vivo. Este fotoperíodo influye en los ciclos de distintas especies (generación de sexuales en los áfidos).

La **longitud de onda** tiene importancia no solo por la faja de espectro visible, sino también por la radiación ultravioleta e infrarroja. Esta última está relacionada con la comunicación de los insectos (Lepidoptera: Noctuidae: *Helicoverpa zea*).

El comportamiento de los insectos, en relación a la luz, se conoce como **fitotropismo**, pudiendo el mismo ser positivo o negativo. Cuando reaccionan favorablemente a la luz, se movilizan hacia ella, son las especies **fitófilas** (abejas). Las **fitófobas** (cucarachas, gorgojos) se alejan de ella.

La duración del día no solo afecta al insecto, sino también a su hospedero (Wigglesworth, 1982); por ejemplo, manteniendo todas las condiciones iguales, híbridos de maíz resistentes a *Stenocarpella maydis* (*Diplodia zae*) perdieron la resistencia cuando los mismos fueron sembrados en latitudes menores de donde se habían obtenido (Chaboussou, 1980). Así también, Cagnola *et al.* (2018) demostró que el fotoperíodo de día largo mejora la defensa de la planta relacionada con el ácido jasmónico. No solo la duración del día afecta, sino también la cantidad de luz recibida por parte de la planta; por ejemplo, las especies de plantas con intolerancia a la sombra, por lo general, regulan negativamente las respuestas de defensa ante cantidades insuficientes de luz solar (Cortés *et al.*, 2016).

Viento

El **viento**, además de ser un factor del clima, modifica a otros como la temperatura y la humedad, y es condicionante de lluvias.

Ejerce una marcada influencia en la dispersión de los insectos, en todos los estados, incluso adultos alados, arrastrándolos a grandes distancias; es decir, que participa directamente en su distribución.

Suelo. Condiciones físicas, químicas y biológicas

El **suelo** es el sustrato más importante del ambiente terrestre. Su constitución **física** tiene importancia en la vida de los insectos por la influencia directa al brindarle abrigo, movilidad, soporte y alimentación. Pero, además, tiene importancia porque la vida del suelo depende en gran medida de la estructura del suelo, y, a su vez, la vida del suelo tiene la capacidad de mantener a las plantas sanas, es decir, de fortalecer su sistema de defensa. También, un suelo vivo significa un sinnúmero de entomopatógenos para los fitófagos que viven y oviponen en el suelo (Vos *et al.*, 2012, 2013; Wall, 2020).

La **textura** y **estructura** tienen importancia porque su grado de agregación influye favoreciendo o no el acto de **oviposición**, el desarrollo de formas juveniles de hábito subterráneo, el desplazamiento de adultos.

Las características físicas influyen en forma directa en la disponibilidad de oxígeno, humedad y temperatura, que condiciona la vida de los artrópodos que viven en el suelo.

Las características químicas como fertilidad, salinidad, pH, déficit o exceso en algún elemento determinan la vegetación y esta, a la fauna asociada. Por ejemplo, los estados deficitarios influirán sobre la planta aumentando o disminuyendo su susceptibilidad al ataque de plagas, o sobre los fitófagos aumentando su fecundidad.

Todas las características mencionadas pueden brindar condiciones favorables o desfavorables al hospedero, lo que influirá directamente sobre su capacidad de resistir el ataque e incluso de repelerlo (Chaboussou, 1980. Ver Anexo I). Las investigaciones muestran que, la habilidad de un cultivo para resistir o tolerar plagas de insectos o enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y, principalmente, **biológicas** de los suelos (Nicholls y Altieri, 2006; Wall, 2020). Por ejemplo, en el caso de propiedades biológicas, un suelo rico en micorrizas, es decir, que esté bien estructurado, cubierto, con buen contenido de materia orgánica (MO), con humedad constante y libre de fertilizantes solubles y agrotóxicos, puede favorecer una exudación repulsiva a nematodos fitófagos (Hussey y Roncadori, 1982; Vos *et al.*, 2012, 2013).

Factores bióticos o biológicos del ecosistema

El **número** de especies existentes en un ecosistema varía según las condiciones ambientales: en climas cálidos y húmedos, el número de especies es considerablemente mayor que en climas fríos y secos.

La **distribución** en el espacio de los individuos que componen una población puede ser de tres tipos principales: uniforme, al azar y en grupos. Esta distribución tiene importancia cuando se quiere evaluar el número de especies presentes y su abundancia relativa a través de muestreos.

La **estructura** de una biocenosis muestra un número reducido de especies dominantes y un número grande de especies subdominantes o secundarias; estas últimas generalmente se hallan controladas biológicamente.

Los **componentes bióticos** del ecosistema pueden agruparse en **autótrofos** y **heterótrofos**. Los primeros elaboran su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas, usando energía lumínica -por ejemplo, las plantas verdes-; y, los segundos usan materiales orgánicos elaborados por los primeros.

Los heterótrofos, a su vez, pueden clasificarse en consumidores -herbívoros y carnívoros- y en **descomponedores** -saprofitos-, que descomponen la materia muerta.

La transferencia de energía desde los autótrofos hasta los descomponedores constituye la **cadena alimentaria** y establece relaciones nutricionales entre el organismo que se alimenta y aquel que constituye su fuente de alimento.

Pertenecen al mismo **nivel trófico** de la cadena alimentaria, los individuos que obtienen su energía o alimento a partir de las plantas, por el mismo número de pasos. Una cadena alimentaria cuenta de cuatro o cinco niveles tróficos.

- En el 1° nivel se hallan las plantas -**autótrofos**- (productores).
- En el 2° nivel se ubican los fitófagos -**consumidores primarios**- (fitófagos, herbívoros, simbioses).
- En el 3° nivel se encuentran los carnívoros -**consumidores secundarios**- (predadores o parasitoides).

- En el 4° nivel se ubican los carnívoros **-consumidores terciarios-** (hiperparásitos).
- En el 5° nivel se hallan los saprófagos **-descomponedores-** (bacterias); estos también pueden constituir el 2°, 3° o 4° nivel.

El hombre puede ubicarse en el 2° nivel trófico por su régimen vegetariano, en el 3° nivel por su régimen carnívoro y en el 4° por ser cazador de animales.

Cuando se pasa de uno a otro nivel, a medida que se avanza en la cadena, parte de la energía se transforma y parte se pierde (hojas muertas, cadáveres, excremento, respiración, etc.). La transformación de energía es de fundamental importancia en agricultura y ganadería. Al hombre le interesa que la máxima transferencia se realice en sus cultivos y/o ganados.

Hospederos elegidos por los fitófagos

Las plantas como componentes fundamentales de los ecosistemas inician todas las cadenas tróficas, sirviendo de alimento para las especies fitófagas. Sin las plantas, la existencia de los animales no sería posible, de allí que entre ambos se establecen diversos tipos de relaciones.

Estas relaciones son complejas y pueden considerarse en ellas dos fases: la **selección** de la planta por el fitófago y la **resistencia** de la planta al organismo que se alimenta de ella.

Se llama **fitófago** al organismo que vive a expensas de un vegetal al que se denomina **hospedero, hospedante** o **planta hospedera** del cual aquel obtiene su alimento.

Un fitófago puede alimentarse, únicamente, de una determinada especie vegetal: **monófago estricto**; o de un reducido número de familias botánicas: **oligófago**; o bien de numerosas plantas pertenecientes a diversas familias: **polifitófago**, pero nunca ataca indiscriminadamente a todas las plantas que se hallan en su área de dispersión. Por otra parte, ninguna planta es tomada como fuente de alimento por todas las especies fitófagas que existen en su ambiente. Además, aún dentro de una población de plantas que forman parte de su dieta, el insecto no elige al azar a cuál individuo atacar, sino

que, gracias a su incomparable capacidad sensorial, puede detectar aquella planta hospedera que le brindará las mejores condiciones nutricionales (Chaboussou, 1980).

En las especies fitófagas existe una serie de mecanismos a través de los cuales pueden localizar a su hospedante y alimentarse u oviponer en él.

La localización del hospedante se realiza, ya sea porque este posee cualidades atractivas para el fitófago, o porque carece de propiedades repelentes. El organismo seleccionará positivamente a su hospedero, buscándolo por sus propiedades físico-químicas atrayentes; o negativamente, al evitar otras plantas del ambiente que tienen para él propiedades repelentes. En esta etapa, los estímulos de tipo visual y olfativo tienen una gran importancia.

El fitófago llega hasta el hospedero e inicia su reconocimiento, para lo que se aquietta previo a iniciar la alimentación o postura. Para que ello ocurra, la planta deberá poseer todos los estímulos requeridos y carecer de repelentes o inhibidores. En el caso de la alimentación, una vez iniciada solo se podrá continuar si las características del hospedero satisfacen las necesidades del fitófago, y si los mecanismos de defensa de la planta están debilitados.

Estímulos positivos (atrayente, inmovilizante, incitante y estimulante) o negativos (repelentes, inhibidor y disuasivo), por parte de la planta hospedadora, provocan respuestas diferentes en el comportamiento alimenticio de los insectos.

Resistencia del hospedero

Terán (1969) expresa que, para que una planta pueda servir de alimento a un fitófago deberá existir un ajuste de caracteres biológicos entre ambos. Cuando ese ajuste es parcial o no existe, se considera que el hospedero es **resistente**. En un ensayo de variedades, es resistente la que resulta menos dañada o con una infestación más baja en comparación con otras, en las mismas condiciones ambientales. Se puede definir a la resistencia como la capacidad que tiene una variedad para producir mayor cantidad y calidad de cosecha, en comparación con otras, a un mismo nivel de población del agente perjudicial.

Beck (1965) define a la resistencia como el conjunto de caracteres heredables por los que una especie, raza, clon o individuo vegetal puede reducir la probabilidad de su empleo exitoso como hospedero por parte de una especie, raza, biotipo o individuo fitófago.

Una planta puede ser inmune, tolerante o susceptible frente a un fitófago. Los mecanismos de resistencia de las plantas según Painter (1958), señalados por Terán (op. cit.), son:

- **No preferencia:** por la cual la planta produce un efecto adverso sobre el comportamiento del fitófago; puede deberse a la presencia de repelentes o inhibidores que impiden la alimentación u oviposición.
- **Antibiosis:** el efecto adverso se manifiesta en la fisiología del insecto: crecimiento o supervivencia. Puede deberse a deficiencias o relaciones inadecuadas de elementos nutritivos. En este caso, el insecto no se desarrolla, muere en la etapa juvenil, es menos fecundo, etc. Este proceso puede ser explicado por la teoría de la Trofobiosis (Anexo I).
- **Tolerancia:** capacidad de la planta por soportar una población del fitófago sin manifestar pérdidas de rendimientos o vigor, o para recuperarse después de un ataque severo. La tolerancia es un factor intrínseco de la planta y depende de su constitución genética.

En la actualidad se habla de grados o niveles de resistencia en reemplazo de los términos de tolerante y tolerancia. Los niveles de resistencia van a depender, no solo de la constitución genética de la planta, sino también de la capacidad que esta tenga para reconocer y reaccionar ante el ataque de los fitófagos (Bonaventure, 2012; Cortés *et al.*, 2016), es decir, la capacidad de poder expresar sus genes de resistencia en tiempo y forma. Las reacciones que pueden desencadenar van desde producción enzimática para limitar la nutrición del insecto (Duffey y Felton, 2012; Zhu-Salzman, K. y Zeng, R., 2015) hasta producción de sustancias tóxicas que envenenan al fitófago (Duffey y Felton, 2012). Pueden además emitir gases ovicidas en las zonas de oviposición o sustancias atrayentes a los parasitoides, parásitos o predadores de huevos (Mescher y De Moraes, 2015; Cortés *et al.*, 2016).

Esta capacidad de reacción depende de las condiciones ambientales y de su etapa fenológica. Los portainjertos sobre los que se hallan ciertas plantas, la sanidad y la edad de las mismas influyen en la mayor o menor susceptibilidad al ataque por parte de un fitófago.

Agallas o cecidias

Son crecimientos anormales de los tejidos producidos por irritación mecánica o por sustancias segregadas por animales o vegetales. Los organismos productores de agallas son llamados galícolas o cecidógenos, y las deformaciones que producen reciben distintos nombres: zoocecidias, entomocecidias, acarocecidias, nematocecidias, según los organismos que las originan.

La agalla rodea o encierra al insecto preimaginal el cual se alimenta de tejido o jugos vegetales que lo circundan. Estas pueden ser cerradas o abiertas y se pueden formar en cualquier parte del vegetal (raíz, rama, hoja).

Hay tres tipos de agallas, según la reacción de los tejidos vegetales:

- **Hipertrofia**, cuando el tejido vegetal atacado aumenta de tamaño por el crecimiento de cada una de las células debido a la acumulación de sustancias de reserva. *Trioza ocoteae* (Hemiptera: Psylloideae) sobre *Ocoteae acutifolia*.
- **Hiperplasia**, cuando se produce una multiplicación celular sin aumento de su tamaño, aumentando el volumen del tejido. *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Eriosomatidae) sobre manzano.
- **Hipoplasia**, se produce por la reducción anormal del tejido de una planta por disminución del número de células o detención de la división celular, como las agallas en pico de loro producidas por *Dactylophaera (Viteus) vitifoli* (Hemiptera: Phylloxeridae) sobre vid.

Regímenes alimentarios

Por el número de regímenes, los insectos pueden ser: **monófagos**, se alimentan de una sola especie animal o vegetal; **oligófagos**, se alimentan de

pocas especies animales o vegetales; **pantófagos** u **omnívoros**, de régimen mixto. Utilizan cualquier tipo de alimento. Para más información ver Anexo II.

Relaciones intra e interespecíficas

Relaciones intraespecíficas

Son las relaciones que se establecen entre individuos de una misma especie:

- **Gregarismo.** Es una agrupación de individuos determinada por una atracción recíproca donde no existe una interdependencia (ninfas de langostas, orugas militares).
- **Sociedad.** Es una asociación biológica de los individuos que conforman una población, con interdependencia obligada de sus miembros. Cada individuo trabaja para la comunidad, logrando una organización perfecta. La agrupación es obligatoria para el cumplimiento de las diferentes funciones, conformándose **castas** y con aparición de **polimorfismo** (abeja, hormigas, termitas).

Relaciones interespecíficas

Entre las especies que se hallan en un área determinada se establecen relaciones de distintos tipos con el objeto de favorecer la obtención de alimento o de protección. Pueden ocurrir entre animales, animales con vegetales y entre vegetales.

Estas relaciones reciben el nombre de **consorcios**, que pueden ser **neutrales**, **mutualistas** o **antagónicos**.

Los consorcios **neutrales** son aquellos en los que, como resultado de la interacción, ninguna de las especies resulta afectada mutuamente (Epibiosis, por ejemplo: arañas del género *Theridion*, sobre cítricos; Inquilinismo, por ejemplo: artrópodos que viven en agallas abandonadas; y Comensalismo, por ejemplo: *Trachymirmex pruinosus* -hormiga- que transporta a su nido excrementos de “bicho cesto” que le sirve de sustrato para el hongo que cultiva).

En los consorcios **mutualistas**, la interacción entre dos especies es benéfica para ambas (Mutualismo, por ejemplo: las hormigas melívoras que aprovechan las excreciones azucaradas de los pulgones y, a su vez, lo protegen de los enemigos naturales; Simbiosis, por ejemplo: insectos xilófagos con microsimbiontes que viven en su tracto digestivo).

Consortios **antagónicos** son aquellos en los que solo una de las especies resulta beneficiada de la interacción, en tanto que los individuos de la otra son eliminados o destruidos (Predadorismo y Parasitismo). Son las interacciones de mayor importancia desde el punto de vista agrícola.

- a. **Predadorismo.** Se llama así cuando un organismo ataca a su víctima en forma rápida y violenta, devorando los tejidos vitales de su presa. Se llama hospedador a la víctima y predador al organismo que ataca, caza y come a la presa.

Este consorcio tiene ciertas características: son organismos de vida libre. Los predadores son de mayor tamaño, menos numerosos que las víctimas y colocan sus huevos cerca de los hospedadores. Sus larvas se desarrollan consumiendo más de un individuo de la presa y entre los predadores resulta importante el comportamiento de búsqueda tanto de larva como del adulto.

La selección de la presa por el estado adulto del predador varía de altamente selectiva a comparativamente no selectiva. Muchos predadores son activos de noche, siendo la partenogénesis muy rara.

Entre los grupos sistemáticos más importantes de insectos predadores se encuentran: Dermápteros, Neurópteros, Odonatos, Mantodeos, Coleópteros (Coccinélidos, Carábidos, etc.), Hemípteros (Redúvidos, Belostomátidos, etc.), Tisanópteros, Plecópteros y otros.

Dentro de este tema debemos incluir a las **plantas carnívoras** que presentan distintos mecanismos para atrapar insectos y utilizarlos como fuente de nitrógeno. Las plantas carnívoras viven en medios pobres en nitrógeno, de allí que sus hojas se transforman en órganos de predación y capturan insectos, que luego son digeridos mediante fermentos segregados por la planta.

Entre las especies más comunes se halla *Drosera rotundifolia* que posee hojas con pelos glandulosos y segrega un líquido viscoso al cual se pegan los insectos.

Otra especie, la *Dionea muscipula*, originaria de EE. UU., posee hojas capaces de replegarse sobre sí misma a lo largo de su nervadura central, encerrando de este modo al insecto, que luego digerirá. Estas plantas atraen a los insectos con señales de flor, dadas por el color rojo intenso que presentan las hojas por su parte interna. Si el insecto se posa allí, tocan algunos de los pelos, las dos mitades se cierran rápidamente, los dientes del borde se ensamblan y las glándulas digestivas digieren al insecto.

Las llamadas plantas jarro, de los géneros *Nepenthes*, *Cephalotus*, *Sarracenia* y *Darlingtonia*, forman con sus hojas unos jarros abiertos hacia arriba y disponen, además, de una prolongación en forma de tapa que produce el efecto de una flor. El insecto que se posa en el borde resbala por la superficie y cae en su interior. Por debajo de la zona resbaladiza, se halla un cinturón de células glandulares que segregan un fermento proteolítico. En la parte inferior del jarro flotan los restos de insectos sobre el jugo gástrico acumulado.

En nuestro país se conocen tres especies del género *Drosera*, además de las del género *Utricularia* que tienen en sus raíces unas formaciones especiales llamadas utrículos, con un dispositivo de cierre. Son plantas herbáceas, acuáticas o palustres que consumen gran cantidad de larvas de mosquitos y otros insectos de vida acuática.

- b. **Parasitismo.** Es una asociación de dos organismos que forman una unidad armónica, en la que uno de los individuos, el parásito, se desarrolla a expensas de otro. El beneficio es unilateral.
- **Parásito.** Es un zoófago interno o externo, que se alimenta de otro animal sin ocasionarle la muerte. Son de menor tamaño y se hallan en mayor número que el hospedero y parasitan en su estado adulto. Presentan **heteroseismo** (capacidad para cambiar de hospedador).

- **Parasitoide.** Es un zoófago interno o externo, que ocasiona la muerte del hospedero. Son de menor tamaño y parasitan en su estado juvenil, siendo los adultos de vida libre. **No son heteroécicos.**

El parásito o parasitoide puede localizarse interna o externamente en el hospedador. En el primer caso hablamos de endoparásitos o endoparasitoides, y en el segundo, de ectoparásitos o ectoparasitoide.

El parasitismo puede ser **simple** cuando el hospedador es parasitado por un único individuo; **múltiple**, cuando se desarrollan en el hospedador varios individuos de especies diferentes; y **superparasitismo**, cuando el hospedero es parasitado por más de un individuo de una misma especie. En este caso, el parasitoide puede ser poliembriónico si de un solo huevo se originan varios individuos.

El parasitismo es primario cuando el parásito o parasitoide ataca a un hospedador que no es parásito. Hiperparasitismo es cuando el parásito o parasitoide ataca a otro parásito o parasitoide.

Dinámica poblacional

Población es el conjunto de individuos de una especie que ocupa un área espacial y temporal bien definida. Según Alle (1950), todas las poblaciones presentan caracteres comunes:

- Estructura y composición fluctuantes con la edad
- Crecimiento, madurez y muerte
- Heredabilidad
- Están sujetas a factores ecológicos y genéticos, siendo ambos interdependientes
- Sufren la influencia del medio ambiente, pudiendo en consecuencia ser alterada y alterar su propio medio

La **dinámica poblacional** es la parte de la ecología que se ocupa del estudio de las poblaciones desde el punto de vista numérico: determina el tamaño o la abundancia y la distribución de los individuos que la componen en cualquier área.

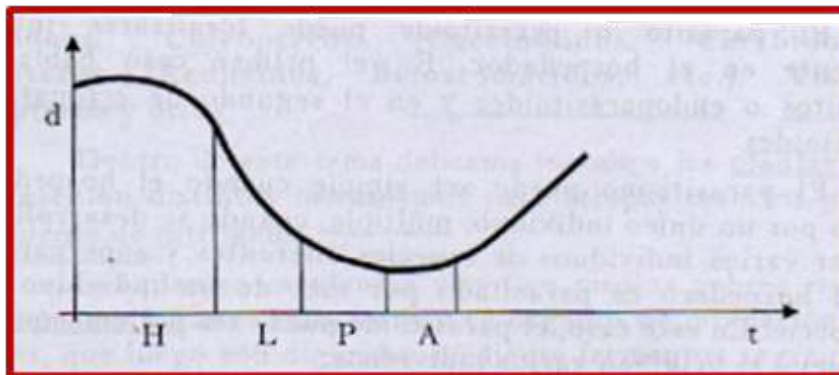
La distribución y abundancia de las diferentes especies de insectos dependen de los factores del medio ambiente. Cuando los factores favorables superan a los desfavorables, las poblaciones aumentan. El tamaño de una población, o sea el número de individuos que la componen, es casi imposible de determinar; de allí que la misma se estima mediante la densidad poblacional.

La **Densidad poblacional** es la relación entre el número de individuos de un área y la unidad espacial de la misma área (número de insectos de una especie por m^2).

Existen diversas formas de calcular la densidad de población. Todos los métodos se basan en coleccionar muestras. El número de individuos que constituyen una población fluctúa con el tiempo, pudiendo representarse en coordenadas, donde se consideran densidad y tiempo.

La situación más sencilla se presenta en especies univoltinas, con un corto periodo de oviposición.

Figura N° 120. Curva de población de una especie univoltina.



Nota: Ref. d: densidad (número de individuos por unidad de superficie)

T: tiempo en meses – H: huevos – L: larvas – P: pupa, A: adulto.

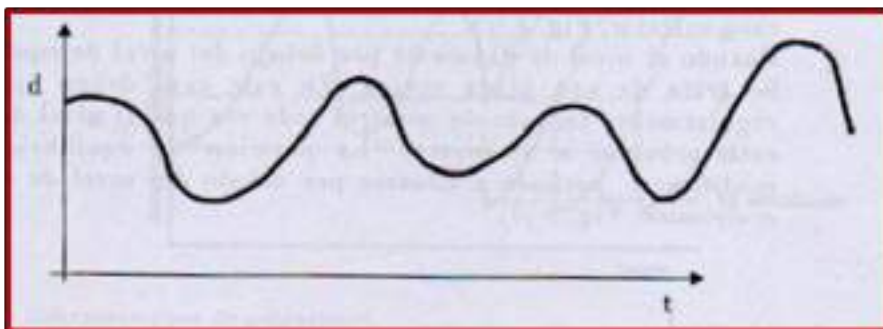
Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

En el mismo ambiente pueden concurrir formas juveniles o adultos de la misma especie, por lo que la población original se incrementa bruscamente;

del mismo modo puede ocurrir que al área lleguen parasitoides o predadores, por lo que la población experimentaría una disminución. La curva será pues diferente a la original.

Si se grafica, para un cierto número de años, la curva de población de una especie univoltina podría ser similar a la de una especie polivoltina para un solo año.

Figura N° 121. Curva de población de una especie polivoltina.



Nota: Ref. d: densidad, t: tiempo en meses (año).

Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Una de las principales aplicaciones del conocimiento de las formas de crecimiento de las poblaciones es el control integrado. Para ello es necesario definir algunos niveles poblacionales:

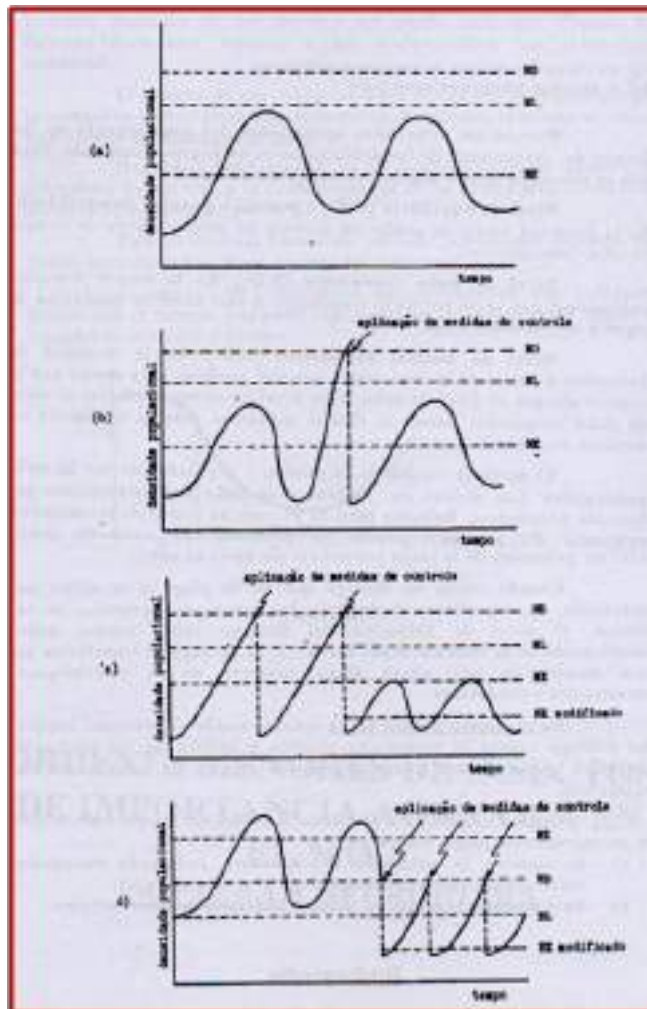
- **Nivel de equilibrio (N.E) o posición general de equilibrio.** Es la densidad media de población durante un periodo largo de tiempo (5 años como mínimo).
- **Nivel de daño económico (N.D).** Es la menor densidad poblacional que causa perjuicio económico. A este nivel de población, la especie se considera plaga.
- **Nivel de umbral económico (N.U).** Es la densidad de población a partir de la cual deben tomarse medidas para evitar que la especie alcance el nivel de daño. Este nivel es siempre inferior al nivel de daño económico, dando el tiempo suficiente para la aplicación de medidas de control.

El nivel de equilibrio es estable y regulado por los factores ambientales. Los niveles de umbral y de daño son establecidos por factores económicos: relación pérdida de cosecha-costeo de tratamiento, exigencia de mercado y precio del producto. La variación puede depender del momento en que se produce el ataque de la plaga, de las características biológicas de la especie, de los factores de mortandad, etc.

De acuerdo a las posiciones relativas de estos niveles, podemos tener los siguientes tipos de población:

- a. Cuando el pico poblacional no llega al nivel de daño económico; la especie no puede ser considerada plaga, por lo tanto, no requiere de tratamientos de control.
- b. Cuando el pico poblacional raramente alcanza el nivel de daño; la especie es considerada plaga esporádica, siendo necesario recurrir a la aplicación esporádica de control, pero solo cuando la población aumenta, para evitar que alcance el nivel de daño.
- c. Cuando la mayoría de los picos poblacionales alcanza el nivel de daño económico; la especie es considerada **plaga frecuente** y se recurrirá al control cada vez que sea requerido, como en el caso anterior.
- d. Cuando el nivel de daño está por debajo del nivel de equilibrio; se trata de una **plaga severa**. En este caso deben aplicarse regularmente tácticas de control cada vez que el nivel de daño está próximo a alcanzarse. La posición de equilibrio debe modificarse, pasando a situarse por debajo del umbral económico.

Figura N° 122. Diferentes tipos de poblaciones.



Nota: Ref. NE Nivel de equilibrio; NL Nivel de Umbral económico, ND Nivel de Daño.

Fuente: Gallardo *et al.*, 2020.

Las fluctuaciones son originadas por la acción de los factores ambientales sobre el potencial biótico del insecto. Este potencial está dado por:

- La capacidad del insecto para reproducirse (fertilidad y fecundidad).
- La capacidad para obtener el alimento y protección, que le permitirán alcanzar la madurez sexual (**poder de supervivencia**).

Actuando solo el potencial biótico, la población podría teóricamente alcanzar límites insospechados; la densidad se incrementaría en forma exponencial, pero el potencial biótico está contrarrestado por la resistencia del ambiente.

El resultado de la interacción de ambos factores da como resultado una densidad "X" de población. A gran resistencia del ambiente, la densidad es baja. Existen factores de mortandad que son independientes de la densidad de la población (ej. factores climáticos: helada, viento seco y fuerte, etc.) y otros factores dependientes de la densidad -factores bióticos (parasitoides y predadores)- cuya acción no es instantánea como la de los factores climáticos.

Cuando un insecticida no específico interviene como factor de resistencia del ambiente y elimina parasitoides y predadores, se transforma en un elemento de empleo permanente para mantener un nivel de población de la plaga por debajo del nivel de daño (el sistema productivo se vuelve dependiente de insumos externos, en este caso, de insecticidas).

Si existe un fitófago que no es plaga y se aplica un insecticida no específico, al destruir a los enemigos naturales de la especie, el nivel de la población del fitófago sube, porque hubo modificación de la resistencia del ambiente. Si a esta condición se le suma la mejora en la nutrición del insecto que ocurre por el desequilibrio de las plantas (ver Anexo I), el fitófago se transforma de esta manera en una nueva y explosiva plaga. Esto se debe a que el insecticida (y la combinación con otros agroquímicos) provoca dos situaciones simultáneas que, al combinarse, dan un resultado sinérgico sobre la capacidad reproductiva de los insectos:

1. Disminución significativa de controladores.
2. Desequilibrio fisiológico de la planta que la lleva a:
 - i. Acumular sustancias nutritivas de fácil digestión para el insecto, (Chaboussou, 1980).
 - ii. Disminuir o paralizar su capacidad defensiva (Chaboussou, 1980; Tameling y Takken, 2008).

En base a todo esto, como ejemplo para disminuir la población de una especie que se comporta como plaga, se puede:

- a. Aumentar la resistencia del ambiente, utilizando variedades resistentes o variedades adaptadas a la zona (clima, suelo, manejo que realiza el productor) y construyendo corredores biológicos para aumentar la población de controladores.
- b. Disminuir el potencial biótico, liberando machos estériles (especies irradiadas en laboratorio) o manteniendo una nutrición equilibrada en las plantas (ver Anexo I).
- c. Manejar la fertilidad del suelo con agregado de materia orgánica (MO), cultivos de cobertura, *mulching*, rotación de cultivos, diversidad vegetal, etc. Para favorecer la resistencia natural de las plantas y la multiplicación de enemigos naturales.
- d. Apoyar la nutrición del cultivo con fertilizantes completos en los momentos de mayor susceptibilidad.

Bibliografía

Citada

ALLE, W. (1950). *Principles of animal ecology*. Filadelfia: Ed. W. B. Saunders Co.

BRANNAM, C. F. (1963). *Insectos. Las plagas en la agricultura y sistemas para combatirlas*. United States Department of Agriculture Washington, D. C. Ed. Herrero S. A.

CAGNOLA, J. I.; CERDÁN, P. D.; PACÍN, M.; ANDRADE, A.; RODRÍGUEZ, V.; ZURBRIGGEN, M. D.; LEGRIS, M.; BUCHOVSKY, S.; CARRILLO, N.; CHORY, J.; BLÁZQUEZ, M. A.; ALABADI, D. y CASAL, J. J. (2018). "Long-Day Photoperiod Enhances Jasmonic Acid-Related Plant Defense". *Plant Physiol.* 178(1):163-173.

CHABOUSSOU, F. (1980). *Les plantes malades des pesticides*. París, Francia: Editorial Utovie.

CORTÉS, L. E.; WELDEGERGIS, B. T.; BOCCALANDRO, H. E.; DICKE, M. y BALLARÉ, C. L. (2016). "Trading direct for indirect defense? Phytochrome B inactivation in tomato attenuates direct anti-herbivore defenses whilst enhancing volatile-mediated attraction of predators". *New Phytologist*. Vol. 212, Issue 4, 1057-1071.

DUFFEY, S. S. y FELTON, G. W. (2012). "Enzymatic antinutritive defenses of the tomato plant against insects". *Department of Entomology*, University of California, Davis.

GALLARDO, C.; TAPIA, S.; AGOSTINI, S. y MEDINA, O. (2020). *Nociones de Ecología. Técnicas de Muestreo*. Cátedra de Zoología Agrícola.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P.; BATISTA, G. C.; BERTHI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. y VENDRAMIN, J. D. (1978). *Manual de Entomología Agrícola*. Sao Paulo: Edit. Agron. Ceres Ltda.

GIETZEN, R. (2016). *Abundancia Agroforestal. Un manual de agricultura sintrópica*. Disponible en https://bosquedeniebla.com.mx/wpcontent/uploads/2019/10/Abundancia_agroforestal_sintropica.pdf.

HUSSEY, R. S. y RONCADORI, R. W. (1982). "Vesicular-arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth". *American Phytopathological Society*, United States.

MACHADO, L. C. P. (2016). *Pastoreo Racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio*. (1.^{ra} ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferio Sur.

MACHADO, L. C. P. y MACHADO, L. C. (h) P. (2016). *La Dialéctica de la Agroecología: contribución para un mundo con alimentos sin venenos*. (1.^{ra} ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Hemisferio Sur.

MESCHER, M. C. y De MORAES, C. M. (2015). "Papel de la percepción de las plantas en las interacciones planta-animal". *Journal of Experimental Botany*. Vol. 66 (2) 425-433.

NICHOLLS, C. I. y ALTIERI, M. (2006). "Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas". *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. No. 77, Costa Rica.

ODUM, E. (1972). *Ecología*. (3.^{ra} ed.). Distrito Federal, México: Nueva Editorial Interamericana S. A.

ONU (2018). "Transformar la alimentación y los sistemas agrícolas, apoyo de los ODS". *Segundo Simposio Internacional sobre Agroecología*. Roma, Italia.

RINGUELET, R. (1958). *¿Qué es una plaga?* Año 1, N^o 6. Conservación Ministerio de Asuntos Agrarios. Bs. As., La Plata.

RIVERA RESTREPO, J. (2000). *Teoría de la Trofobiosis*. Disponible en <https://www.bizibaratzea.eus/template/responsive/js/pdf.js/web/viewer.html?file=https://www.bizibaratzea.eus/pdf/teoria-de-la-trofobiosis-jairo-restrepo.pdf> [16/10/2021].

ROSSET, P. y ALTIERI, M. (2018). *Agroecología. Ciencia y política*. (3.^{ra} ed.). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Disponible en <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2018/12/Rosset-y-Altieri-texto-completo-sin-portada-1.pdf> [16/10/2021].

SAVORY, A. y BUTTERFIELD, J. (2018). *Manejo Holístico: una revolución del sentido común para regenerar nuestro ambiente*. México: Editorial Cable a Tierra.

SIVEIRA NETO, S. (1976). *Manual de Ecología dos Insetos*. Piracicaba. Sao Paulo. Brasil: Ed. Agronómica Ceres Ltda.

TAMELING, W. I. L. y TAKKEN, F. L. W. (2008). "Resistance proteins: scouts of the plant innate immune system". *Eur J Plant Pathol*. 121:243-255.

TERÁN, A. y CROUZEL, I. (1969). *Apuntes de Control Biológico*. Serie didáctica N° 7. Facultad de Agronomía y Zootecnia. U. N. de Tucumán.

VOS, C.; SCHOUTEDER, N.; TUINEN, D. V.; CHATAGIER, O.; ELSER, A.; DE WAELE, A. E.; PARIS, B.; GIANINAZZI, V. y PEARSON (2013). "Mycorrhiza-induced resistance against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* involves priming of defense gene responses in tomato". *Soil Biology & Biochemistry*. 60, 45-54.

VOS, C.; VAN DEN BROUKE, D.; LOMBI, F. M. y DE WAELE, A. E. (2012). "Mycorrhiza-induced resistance in banana acts on nematode host location and penetration". *Soil Biology & Biochemistry* 47 (2012) 60-66.

WALL, L. G. (2020). *Historias del inframundo biológico*. (1.ª ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.

WIGGLESWORTH, V. B. (1982). *The principles of insect physiology*. (Seven Edition). Published by Chapman and Hall Ltd, London.

ZHU-SALZMAN, K. y ZENG, R. (2015). "Insect Response to Plant Defensive Protease Inhibitors". *The Annual Review of Entomology*. 60:13.1-13.20.

Consultada

BEZZI de ARONA, E. (1968). *Ecología*. Cátedra de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía de la Plata.

BONAVENTURE, G. (2012). *Perception of insect feeding by plants*. Department of Molecular Ecology, Max Planck Institute of Chemical Ecology, Jena, Germany. Plant Biology.

KALNAY, H. (1987). "El sentido de llamadas 'Plagas'". *CIPRON*. Rev. Invest. V (1-4): 69-87.

MYERS, E. (1979). *Plagas. Su enfoque ecológico*. (6.ª Reunión Nacional de Soja). CYTA. 23-25.

VIGIANI, A. (1990). *Hacia el Control Integrado de Plagas*. Buenos Aires. Argentina: Editorial Hemisferio Sur.

ANEXO I: Trofobiosis

Ing. Agr. Omar Medina

Las preguntas planteadas por Rush, en el año 1972, “¿La planta está creciendo bien porque no está enferma? o ¿La planta no está enferma porque está creciendo bien?”, reflejan la base de la sanidad vegetal que plantea la Agroecología. Esperamos que, al finalizar la lectura de este anexo, los estudiantes sean capaces de identificar la pregunta que responde al concepto de Trofobiosis.

Definición

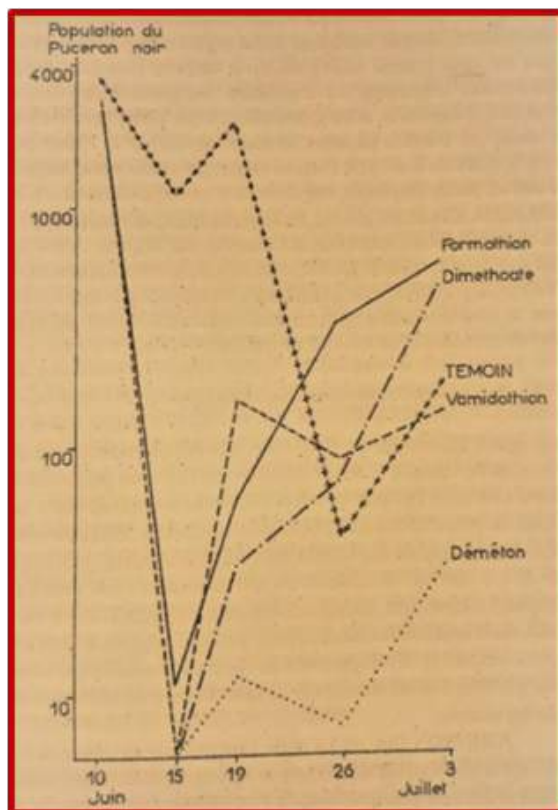
La palabra **Trofobiosis** deriva del griego *Trophos* = alimento; *bio* = vida; *osis* = acción, movimiento o desarrollo. Se puede decir, entonces, que la Trofobiosis **es la expresión de la vida a través de la alimentación.**

A fines de los 50 y principios de los 60, el científico francés Chaboussou inició la elaboración de una teoría que explicara la fuerte expansión de plagas que ocurrían a pesar de los nuevos y mejores métodos de control. Basado en la contradicción que había entre la teoría “*reducción de Enemigos Naturales (EN)*” (predadores, parásitos y parasitoides) como explicación al hecho “*aumento de plagas*”, empezó un estudio más integral del problema, esta vez, estudiando la relación suelo-planta-fitófago.

Como ejemplos de la citada contradicción, entre la teoría (reducción de EN) y el hecho (aumento de plagas), había demostrado que la proliferación del ácaro fitófago *Tetranychus* spp. sobre follaje en papas podía aumentar con tratamientos realizados al suelo para eliminar malezas o nematodos, y que el nivel de infestación de nematodos aumentaba con el uso del herbicida de 2,4 D. Había repetido estudios donde se demostraba que el insecticida DDT era inofensivo para uno de los principales ácaros predadores de ácaros

(*Typhlodromes* spp.) y, de todas maneras, solo las poblaciones de ácaros fitófagos aumentaban explosivamente luego del uso de dicho insecticida; de la misma forma que ocurría con el uso de Captan, fungicida no tóxico para EN. Revisó trabajos hechos por otros investigadores que demostraron que algunos tratamientos con pesticidas fosforados contra pulgones terminaban aumentando su fecundidad, como puede verse en el Gráfico N° 1, luego de disminuir la población de pulgones por el efecto tóxico del insecticida, la población final termina siendo superior a la que hubiera existido sin la aplicación del fosforado.

Gráfico N° 1. Multiplicación del pulgón *Aphis fabae* luego de varios tratamientos con pesticidas.



Nota: TEMOIN = TESTIGO (sin aplicación).

Fuente: Chaboussou, 1980.

Luego de varios años de investigación, Chaboussou elaboró la Teoría de la Trofobiosis para explicar que, en realidad, el desequilibrio que causaba la proliferación de plagas no respondía en mayor medida a una merma de controladores naturales (EN), sino que se debía, principalmente, a un desequilibrio que las mismas prácticas agrícolas generaban en la planta, expresándolo de la siguiente manera: “La planta, o más precisamente el órgano, será atacado solo en la medida en que su estado bioquímico, determinado por la naturaleza y concentración de sustancias nutricionales solubles, corresponda a los requisitos tróficos (alimenticios) del parásito en cuestión” (Chaboussou, 1980: 60).

Para entender mejor esta teoría, es necesario adentrarnos un poco en la fisiología de los insectos.

Los insectos están constituidos prácticamente por proteínas (más del 80% de su cuerpo) y la mayoría de las funciones metabólicas del insecto depende de las enzimas, que son proteínas. Por ejemplo:

- La **Cutícula** del insecto está compuesta principalmente por proteínas, es inextensible, esto quiere decir que, para que el insecto pueda crecer, es necesario que tenga la capacidad de reemplazarla por una más grande (muda o ecdisis). Si bien una pequeña parte de estas proteínas se reciclan, el insecto necesita producir enzimas para digerirlas y, nuevamente, enzimas para reconstruirlas, además de sintetizar nuevos aminoácidos a partir del alimento que ingiere, para lo que necesita igualmente enzimas, no solo para dicha síntesis, sino primeramente para la digestión de las proteínas vegetales. La cutícula del intestino anterior y posterior también debe reemplazarse; y, en el caso del intestino medio, existe una membrana peritrófica que lo recubre, la cual se renueva constantemente y está compuesta por **mucoproteínas**. En algunos insectos puede haber una secreción de membrana peritrófica a un ritmo de 6 mm/h, que sirve como protección contra materiales abrasivos (Wigglesworth, 1982); además, evita el contacto directo de microbios con las células epiteliales del intestino medio y limita la acción de sustancias microbianas tóxicas (revisar modo de acción de *Bacillus* spp.) (Paro e Imler, 2016).

- La **Capacidad Reproductiva** de los insectos, depende de su capacidad en adquirir los nutrientes necesarios para dejar descendencia fuerte. Es decir, cuanto mejor sea la nutrición del insecto, mayor será la calidad de los ovocitos y espermatozoides, lo que se traduce a mayor fecundidad. Serán también mayores las cantidades de sustancias de reserva en huevos (vitellogenina: proteína de reserva del huevo) y pupas, lo que repercute en la resistencia de estas estructuras y en el vigor de la descendencia. Por ejemplo, una hembra que se alimenta de una planta que no le proporciona los nutrientes necesarios, puede modificar su comportamiento de oviposición poniendo muy pocos huevos sobre esa planta o, también puede reducir la transferencia de sustancias nutritivas hacia los huevos; y, en casos extremos, los huevos o embriones pueden ser incluso reabsorbidos para proporcionar nutrientes a la madre y permitir su supervivencia. Otras consecuencias pueden ser: menos depósitos de sustancias secundarias al oviponer (sustancias protectoras, antidesecantes o adhesivas) aumentando la vulnerabilidad de los huevos hacia los enemigos naturales. Una deficiencia nutricional en machos también afecta la fertilidad y, por lo tanto, la viabilidad de los huevos (Awmack y Leather, 2012)
- La **Absorción de Nutrientes** por parte del insecto se realiza, principalmente, en el intestino medio y necesariamente todos los productos de la digestión deben ser absorbidos en solución (Wigglesworth, 1982). Para que los alimentos sean solubles necesitan ser atacados enzimáticamente. Las enzimas proteasas son entonces claves para aprovechar las proteínas vegetales. Estas pueden ser atacadas por proteínas Inhibidoras de Proteasas (IP) que produce la planta (si está en condiciones de hacerlo, es decir, en proteosíntesis dominante). De esta forma, el insecto se ve obligado a reaccionar para que su desempeño no se vea limitado, así es como, evolutivamente, los insectos desarrollaron tres tipos de respuesta:
 - a. Sobreproducción de proteasas digestivas.
 - b. Aumento de la expresión de las isoformas de la proteasa insensibles al inhibidor (IP).

- c. Activación de enzimas que hidrolizan las IP de la planta (Zhu-Salzman y Zeng, 2014).

Estas respuestas que realiza el insecto, para poder nutrirse mejor, tienen un costo energético extra (para sintetizar proteínas extras), energía que deja de destinarse para otras funciones (movilidad, inmunidad, reproducción, etc.). Además, la velocidad de absorción de nutrientes está relacionada directamente con la velocidad de vaciado del buche y este, a su vez, se relaciona inversamente con la presión osmótica de la solución, es decir, a mayor concentración de solutos, mayor retención en el buche o, lo que es lo mismo, menor tasa de vaciado. El vaciado del buche ocasiona en el insecto la necesidad de seguir ingiriendo comida: sensación de hambre (Wigglesworth, 1982). Si el buche permanece lleno por más tiempo, el insecto tiene sensación de saciedad, deja de alimentarse por más tiempo y reduce el ingreso de nutrientes a su organismo. La mayor concentración de solutos en el buche depende del contenido de materia seca (MS) del alimento que consume el insecto y de la composición bioquímica del mismo: a mayor MS compuesta por moléculas complejas (estado que ocurre cuando el metabolismo de la planta, o el órgano, está en proteosíntesis dominante), mayor será el tiempo de retención en el buche y mayor la demanda enzimática para la digestión, lo que produce que la tasa de absorción de nutrientes sea menor al igual que la cantidad de alimento ingerido. Todo esto se traduce a menor defoliación (o daños) en la planta, menor capacidad inmunológica (el insecto es más vulnerable al ataque de entomopatógenos) y menor potencial biótico (menor fecundidad y vigor de la descendencia).

Todo lo contrario ocurre cuando la planta u órgano en cuestión está en proteólisis dominante, es decir, la planta rompe sus proteínas y glucoproteínas, o no tiene la capacidad proteosintética suficiente para procesar todos los nutrientes que absorbe por raíz. En ambos casos, las sustancias solubles de fácil asimilación para el fitófago se empiezan a acumular en el tejido vegetal, por lo que los insectos no necesitan invertir

tanta energía en la síntesis de enzimas digestivas; además, absorbe más rápido los nutrientes, por lo que, el buche permanece lleno menos tiempo y, en consecuencia, el insecto es más voraz (daña con más rapidez la planta) y, al tener más nutrientes en menor tiempo, fortalece su sistema inmunológico y alcanza su máximo potencial biótico, dejando descendencia fuerte y vigorosa.

Resumen

Si la planta u órgano vegetal tiene la capacidad de transformar rápidamente la energía y los minerales que toma del ambiente, es decir, su metabolismo está dominado por la proteosíntesis, esta será menos nutritiva para el artrópodo fitófago. Por el contrario, si el órgano vegetal acumula sustancias solubles de fácil asimilación (nitrógeno no proteico, por ejemplo), lo que ocurre cuando el metabolismo de la planta está dominado por la proteólisis, el órgano vegetal proporcionará al fitófago una nutrición rápida (de fácil asimilación) potenciando su crecimiento, desarrollo, supervivencia y reproducción.

Debido a la mejor nutrición que ofrece una planta u órgano vegetal en desequilibrio metabólico, se justifica que el ataque de fitófagos inicie:

- a. en los puntos de crecimiento (yemas),
- b. en los momentos donde la planta moviliza nutrientes desde zonas de reservas hacia zonas de demanda (período de floración y fructificación),
- c. cuando las plantas, por algún motivo, no pueden procesar los nutrientes que toman a sustancias complejas (proteínas, glucoproteínas, lípidos, etc.).

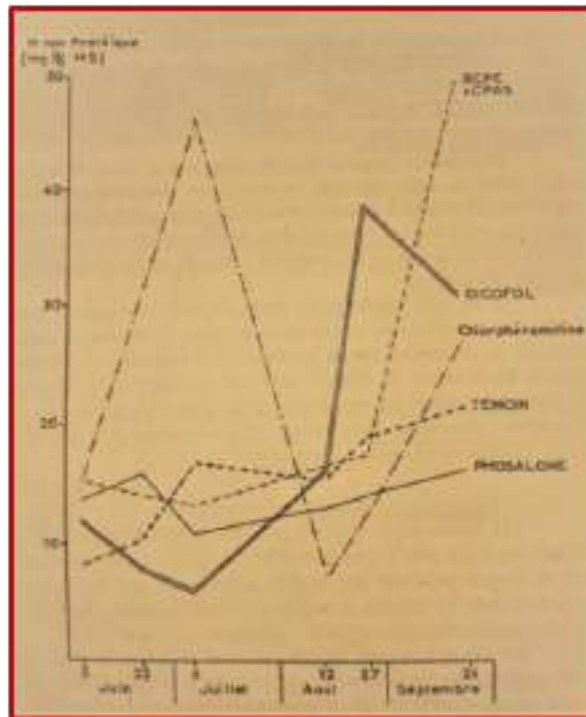
En cuanto al último punto c., Chaboussou (1980) mencionó las prácticas agrícolas que favorecen el desequilibrio metabólico en las plantas.

Prácticas agrícolas que favorecen el desequilibrio metabólico

Entre las prácticas agrícolas que pueden alterar el normal funcionamiento de la planta tenemos:

- **Plantas no adaptadas a la zona de cultivo:** la no adaptación significa que la planta no tolera algún factor ambiental o no le alcanza la oferta ambiental donde fue sembrada o plantada, lo que genera que alguna de sus funciones no ocurra con normalidad. Por ejemplo, las horas de luz, que varían fuertemente de una zona a otra, pueden afectar la fotosíntesis y, por lo tanto, todo el metabolismo vegetal. La adaptación ambiental es fundamental; pues, para la correcta expresión de los genes es necesaria una correcta oferta ambiental (luz, agua, nutrientes), de lo contrario, los genes no se expresan o lo hacen de manera reducida. Como ejemplo a esta afirmación, Chaboussou demostró que cultivares de maíz y papa que se habían mejorado genéticamente para lograr resistencia al hongo *Diplodia*, en el norte de EE. UU., perdían su resistencia al cultivarse en latitudes menores (sur de EE. UU. y de Francia), aun manteniendo en lo máximo posible las mismas condiciones de suelo, fertilización, agua y temperatura.
- **Fertilizantes:** las sales fertilizantes de alta solubilidad cargan al tejido vegetal con nutrientes de fácil asimilación para el fitófago. Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumenta la preferencia de alimentación de los fitófagos, el consumo de alimentos, la supervivencia, el crecimiento, la reproducción y la densidad de la población (Chaboussou, 1980; Yu *et al.*, 2007; Manneh, 2018).
- **Pesticidas:** herbicidas, fungicidas e insecticidas tienen la capacidad de alterar el normal funcionamiento de las plantas; pues requieren de un proceso de detoxificación que demanda energía metabólica (ATP) (Coleman *et al.*, 1997), la cual deja de ser destinada para otros procesos vitales como la síntesis de proteínas (proteosíntesis), llevando a la acumulación de nitrógeno no proteico (de fácil asimilación para el fitófago) en el tejido y a la menor producción de sustancias defensivas. Por ejemplo, en el Gráfico N° 2 se observa cómo el uso de 3 acaricidas aumenta el nitrógeno no proteico en el tejido vegetal.

Gráfico N° 2: Repercusión sobre los contenidos de nitrógeno no proteico en las hojas de manzana, debido a diferentes tratamientos con productos acaricidas.



Nota: TEMOIN = testigo (sin aplicación).

Fuente: Chaboussou, 1980.

Otro ejemplo lo tenemos con nematodos, cuando Webster, en 1967, realizó un estudio donde demostró que la aplicación de 2,4 D sobre avena resistente al nematodo *Ditylenchus dipsaci*, aumentaba el número final de la población de nematodos cuando se la comparaba con plantas sin pulverizar. Los herbicidas también pueden aumentar la susceptibilidad de las plantas frente a otros fitófagos; por ejemplo, Pimentel, en 1974, demostró que los pulgones verdes fueron aproximadamente un 45% más abundantes en las plantas de maíz tratadas con 2,4-D que en las plantas de maíz sin tratar. Y, también, pueden citarse otros ejemplos más recientes (Zaidi *et al.*, 2005; Chindo *et al.*, 2010).

A este fenómeno, donde el “remedio” se traduce a más enfermedad, Chaboussou lo llamó “*Enfermedades Iatrogénicas*”.

- **Nutrición desequilibrada:** teniendo en cuenta que las plantas necesitan más de 30 minerales para su correcta nutrición, la aplicación únicamente de NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) sumado a la reducción del contenido de materia orgánica del suelo, la destrucción de su biología y estructura, empobrece el suelo en todos los demás nutrientes que la planta necesita, pues se detiene el reciclaje y la toma de minerales desde el subsuelo. Queda claro entonces que, en suelos desequilibrados, crecen plantas desequilibradas y, en consecuencia, las plagas proliferan rápidamente (relación suelo-planta-fitófago).

Finalmente, si tenemos en cuenta un sistema de producción convencional, es decir, donde se utilizan semillas de plantas inadaptadas (híbridos “mejorados” en condiciones ambientales muy diferentes a las de la finca del productor), donde se remueve el suelo y se lo deja al descubierto con el uso de herbicidas, donde se aplican crecientes dosis de sales fertilizantes de alta solubilidad y donde se utilizan fungicidas e insecticidas, entenderemos por qué las plagas se expandieron a pesar de los mejores métodos de control. La reducción de controladores biológicos naturales explica en pequeña parte la expansión de las plagas, entonces: “la planta que no se enferma es porque está creciendo bien”.

Bibliografía

Citada

AWMACK, C. S. y LEATHER, S. R. (2012). "Host plant quality and fecundity in herbivorous insects". *Annu. Rev. Entomol.* 47:817-844. Disponible en www.annualreviews.org by Pennsylvania State University.

CHABOUSSOU, F. (1980). *Les plantes malades des pesticides*. París, Francia: Editorial Utovie.

CHINDO, P. S.; SHEBAYAN, J. A. Y. y MARLEY, P. S. (2010). "Effect of pre-emergence herbicides on *Meloidogyne* spp. and *Fusarium* wilt of tomato in Samaru, Zaria, Nigeria". *Journal of Agricultural Research*. Vol. 48, No. 4, 489-495.

COLEMAN, J. O.; MECHTETD, M. A. y DAVIES, T.G. E. (1997). "Detoxification of xenobiotics by plants: chemical modification and vacuolar compartmentation". *Trends in Plant Science*. Vol. 2, No 4.

MANNEH, B. (2018). *The effect of nitrogen fertilization of wheatgrass on the south american locust (Schistocerca cancellata)*. Arizona State University.

PARO, S. e IMLER, J. L. (2016). "Immunity in insects". *Encyclopedia of Immunobiology*. Vol 1. Institut de Biologie Moléculaire et Cellulaire, Strasbourg, France.

PIMENTEL, D. (1974). "Corn susceptibility to corn leaf aphids and common corn smut after herbicide treatment". *Environmental Entomology*. Vol. 3, Issue 6, 911-915.

RESTREPO RIVERA, J. (2000). *Teoría de la trofobiosis. Plantas enfermas por el uso de agrotóxicos*. Pos-grado: Ecología y Recursos Naturales. Cali.

RUSH, H. P. (1972). *La fécondité du sol: Pour une conception biologique de l'agriculture*. Paris: Le Courrier du Livre.

WEBSTER, J. M. (1967). "Some effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicides on nematode-infested cereals". *Plant Pathology*, 16(1), 23-26.

WIGGLESWORTH, V. B. (1982). *The principles of insect physiology*. (Seven Edition). London: Published by Chapman and Hall Ltd.

YU, XIAO-PING, HEONG, K. y HU, CUI (2007). “Effect of nitrogen fertilizer on herbivores and its stimulation to major insect pests in rice”. *Rice Science*. Vol. 14, Issue 1, 56-66.

ZAIDI, A.; KHAN, S. y RIZVI, P. Q. (2005). “Efecto de los herbicidas sobre el crecimiento, la nodulación y el contenido de nitrógeno de grengam”. *Agronomía para el desarrollo sostenible*. 24(4), 497-504.

ZHU-SALZMAN, K. y ZENG, R. (2015). “Insect Response to Plant Defensive Protease Inhibitors”. *The Annual Review of Entomology*. 60:13.1-13.20

ANEXO II: Hábitos alimentarios de los insectos

Ing. Agr. M. Sc. Esp. Claudia Gallardo

Afidófago o Afidiófago: Que se alimentan de pulgones, tanto la larva como el adulto. Ej. Coleoptera: Coccinellidae. Coccinélidos predadores: “Vaquitas”. *Cycloneda sanguinea* “Vaquita de San José”, *Hippodamia convergens* “Vaquita convergente”.

Carnívoro (*Carnivorous*): Que se alimentan de carne, insecto que preda sobre otro o come su carne.

Carpófago (*Carpophagous*): Que se alimenta de frutos y semillas. Ejs.: Lepidoptera: *Cydia pommonella* “Gusano de la pera y la manzana”; *Grapholita molesta* “Gusano del brote del duraznero”; *Sitotroga cerealella* “Palomita de los cereales”; *Pectinophora gossypiella* “Lagarta rosada del algodón”; *Tuta absoluta* “Polilla del tomate”.

Caulófago: Que se alimenta de tallos. Ejs.: Lepidoptera: *Elasmopalpus lignosellus* “Barrenador menor de la caña de azúcar”; *Diatraea saccharalis* “Barrenador de la caña de azúcar”.

Coccidófagos o Coccidiófagos: Que se alimentan de cochinillas. Predadores de cochinillas Diaspídidos. Ej.: Hemiptera: Sternorrhyncha: *Coccidophilus citricola* “Vaquita” que preda a cochinillas como: *Aonidiella aurantii*, *Cornusapis beckii*, *Aonidium ficus*, *Unaspis citri*, etc.

Coprófago (*Coprophagous*): Que se alimenta de heces, soliendo oviponer sobre los excrementos que acumulan, como ciertos escarabajos. Ej.: Coleoptera: Scarabeidae: “Escarabajo pelotero”.

Defoliador: Cualquier insecto masticador que se alimenta y destruye las hojas de los vegetales. Ej.: Adultos de Coleopteros de las Familias

Chrysomelidae (*Diabrotica speciosa*) “Vaquita de San Antonio”; *Epitrix argntinesis* “Pulguilla del tabaco y de la papa” y Curculionidae *Promecops carinicolis* “Picudo chico de la soja”. Orugas de lepidopteros de los géneros: *Anticarsia*, *Rachiplusia*, *Spodoptera*, etc.

Dendrófago (*Dendrophagous*): Que come madera.

Dendrófilo (*Dendrophilous*): Que vive en la madera o sobre los árboles. Ejs.: *Sirex noctilio* “Avispa barrenadora de los pinos”; *Phoracantha semipunctata* “Taladro del eucalipto”.

Detritívoro (*Detritivorous*): Que se alimenta de detritus, o sea de detritus orgánicos.

Ectotrófico: Que se alimenta desde el exterior.

Entomófago (*Entomophagous*): Que se alimenta de insectos.

Entomopatógeno: Patógeno que ataca insectos particularmente.

Erucívoro (*Erucivorous*): Que se alimenta de orugas como parásitos.

Escatófago (*Scatophagous*): Que se alimenta de excrementos.

Filófago: Se alimentan de hojas. Ej.: Larvas de lepidopteros de los géneros: *Anticarsia*, *Rachiplusia*, *Alabama*, *Colias*, *Phyllocnistis*, *Tuta*, *Heliothis*, *Gnorimoschema*, etc.

Fitófago (*Phytophagous*): Que se alimenta de vegetales.

Fitosuccívoro (*Phytosuccivorous*): Que se alimenta de jugos vegetales.

Foesia: Relación pasiva entre dos animales, en la cual uno se hace transportar deliberadamente por el otro, del que no es parásito. Ejs.: Ácaro de los bulbos *Rhyzoglyphus echinopus* (Hipopus), Ácaro blanco *Plyphagotarsonemus latus*. (Transportado por moscas blancas).

Frugívoro: Que se alimenta de frutos.

Fungívoro: Que se alimenta de hongos.

Galícola: Que vive en una agalla, el que puede ser solo un inquilino o el causante de la formación de la misma. Ej.: Pulgón del álamo.

Geófago (*Geophagous*): Que se alimenta de tierra que contiene materia orgánica. Ej.: Coleoptera: Scarabeidae: “Escarabajo pelotero”.

Granívoro (*Granivorous*): Que come granos. Ej.: Lepidoptera: Noctuidae *Spodoptera frugiperda* “Gusano cogollero”, “Oruga militar tardía”, “Isoca cortadora”, “Gusano soldado”.

Heterófago: Que se alimenta de sustancias varias.

Insectívoro (*Insectivorous*): Que come o subsiste a expensas de insectos.

Larvívoro (*Larvivorous*): Que se alimenta de larvas. Ej.: Coleoptera: Carabidae: *Calosoma argentinensis* “Juanita o boticario”, preda larvas de *Colias lesbia* “Pirpinto de la alfalfa”.

Limnívoro (*Limnivorious*): Organismo que se alimenta de sustancias orgánicas presentes como detritus, barro y sedimentos.

Limófago (*Limophagous*): Que se alimenta del fango.

Liquenófago (*Lichenophagous*): Que se alimenta de líquenes.

Melífago (*Meliphagous*): Que come miel o sustancias azucaradas. Ej.: Hymenoptera: Formicidae: “Hormigas melívoras”.

Melívoro (*Mellivorous*): Ver Melífago.

Micetófagos (*Mycetophagous*): Que se alimenta de hongos. Fungívoro.

Micrófago (*Microphagous*): Que come partículas pequeñas.

Mirmecófago (*Myrmecophagoys*): Que se alimenta de hormigas, pero no vive con ellas.

Mirmecófilo (*Myrmecophilous*): Que viven en los hormigueros, asociados con hormigas, algunos son cuidados por las hormigas. Ej.: Hemiptera: Sternorrhyncha: Pulgones.

Monófago (*Monophagous*): Que ingiere una clase de alimento. Insectos que comen plantas de una misma especie, o de especies de un mismo género o familia. Ej.: Lepidoptera. *Pectinophora gossypiella* “Lagarta rosada del algodónero”; *Phyllocnistis citrella* “Minador de la hoja de los cítricos”.

Necrófago (*Necrophagous*): Que se alimenta de materia muerta o decadente.

Nectarífero o Nectarívoro: Que se alimenta de néctar.

Oligófagos (*Oligophagous*): Insectos que se alimentan de un rango restringido de plantas, de un solo Orden o de un solo Género.

Omnívoro (*Omnivorous*): Que ingieren cualquier tipo de alimento.

Oosuccívoro (*Zoosuccivorous*): Que se alimentan de sangre u otros fluidos corporales.

Polenófago (*Pollenophagous*): Que comen polen.

Polífago (*Polyphagous*): Que comen distintos tipos de alimentos. Omnívoro. Ej.: Orthoptera: *Scapterisus borelli* “Grillo topo”.

Predador: Que capturan y se alimentan de presas vivas, normalmente otros insectos o gran variedad de pequeños invertebrados. Ej.: Coleópteros Coccinélicos “Vaquitas” (larvas y adultos). *Cycloneda*, *sanguinea*, *Hippodamia convergens*, *Eriopis connexa*, etc.

Rizófago (*Rhizophagous*): Que se alimentan de raíces. Ej.: Lepidoptera: Larvas de Gusano cortadores, *Conoderus* spp “Gusano alambre”, Coleoptera: *Diabrotica speciosa* “Vaquita de San Antonio”, *Epitrix argentinensis* “Pulguilla del tabaco o Pulguilla de la papa”. Hemiptera: Auquenorrhyncha: ninfas de chicharras o chicharritas.

Saprófago (*Saprophagous*): Que se alimentan de materia animal o vegetal muerta o descompuesta. Ej.: Ácaros oribátidos.

Xilófago (*Xilophagous*): Que se alimentan de partes leñosas o madera. Ej.: Larvas de insectos taladradores de la madera. Ej.: Larvas Coleópteros Cerambícidos y Bupréstidos.

Xilomicetófago: Que se alimenta de hongos que se encuentran en la madera.
Ej.: Hymenoptera: *Sirex noctilio* "Avispa barrenadora de la madera".

Zoófago (*Zoophagous*): Que se alimenta de animales o de sustancias de origen animal.

Zoonecrófago (*Zoonecrophagous*): Que se alimenta de animales muertos.

Zoosaprófago (*Zoosaprophagous*): Que se alimenta de animales en descomposición.

SOBRE LOS AUTORES

Claudia Beatriz Gallardo. Magíster en Protección Vegetal por la Universidad Nacional de La Plata y especialista en Docencia Superior e ingeniera agrónoma por la Universidad Nacional de Jujuy. Se desempeña como profesora asociada en la cátedra de Zoología Agrícola para la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNJu). Es investigadora categorizada de la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales, siendo su especialidad la Nematología Agrícola. Posee numerosas publicaciones de nivel local, regional, nacional e internacional. Dirige y participa de Proyectos relacionados con la Sanidad Vegetal en cultivos de importancia agrícola y plantaciones forestales. Actualmente se desempeña como Directora de la Escuela de Posgrado y como codirectora de la Maestría en Red MADEZAS. Ha sido distinguida con numerosos premios entre ellos en el Concurso “Universidad y Desarrollo” del MINCyT con el CD interactivo: Manejo Ecológico de Plagas.

Silvia Norma Tapia. Magíster Especialista en Protección de Cultivos e ingeniera agrónoma egresada de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy. Se desempeña como profesora adjunta en la cátedra de Zoología desde 1996. Es investigadora categorizada de la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales. Dirige, coordina y participa de proyectos relacionados con la Sanidad Vegetal en citricultura, fruticultura tropical, horticultura y agricultura familiar, entre otros. Participa en eventos académicos, científico-técnicos y posee numerosas publicaciones de carácter local, regional, nacional e internacional. El manejo eficiente y racional de las plagas que atacan a los cultivos de importancia económica

de las provincias de Jujuy y Salta, basado en la bioecología de las especies, constituye el eje de sus principales estudios y producciones.

Agostini Sebastián. Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Jujuy. Actualmente se desempeña como jefe de Trabajos Prácticos de la cátedra de Zoología Agrícola de la Universidad Nacional de Jujuy. Forma parte del proyecto de Investigación “Caracterización de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de poroto”. Actualmente forma parte del equipo técnico en el estudio del “Amarillamiento del Tabaco en la provincia de Jujuy” por la Facultad de Ciencias Agrarias. Asesor privado de diversos cultivos y de la actividad pecuaria.

Omar Daniel Medina. Ingeniero agrónomo egresado con distinción académica en 2018 por la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). Diplomado en enseñanza superior. Ayudante de primera en la cátedra de Zoología Agrícola (FCA - UNJu). Jefe de Trabajos Prácticos de la cátedra Ecología Agrícola (FCA - EASP - UNJu). En 2017, fue colaborador como escritor en la empresa asesora en ganadería agroecológica CEG Internacional; en 2018, pasante en Sistemas de Ganadería Agroecológicas, en Saint Georges de Montaigu, Francia, y en Amenabar, Santa Fe, Argentina; en 2019, productor agropecuario. En el año 2020, se desempeñó como asesor en técnicas agroecológicas de cultivo en fincas productivas de Jujuy (Tilcara, Fraile Pintado, Yuto) y Salta (Colonia Santa Rosa).

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JUJUY

Rector

Lic. Rodolfo Alejandro Tecchi

Vice-Rector

C.P.N. Javier Martínez

Secretario General

E.S. Edgardo Aramayo

Secretario de Asuntos Académicos

Mg. Mario César Bonillo

Secretario Legal y Técnico

Dr. César Guillermo Farfán

Secretario de Administración

C.P.N. Jaime Sebastián Berástegui

Secretaria de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales

Mg. Sandra Adriana Giunta

Secretario de Extensión Universitaria

E.S. Edgardo Aramayo (a cargo)

Secretario de Bienestar Universitario

Brom. Fernando Ramón Torrejón

Coordinador de EDIUNJu

Lic. Daniel González

Con esta publicación esperamos que todos aquellos que se inician en el estudio de los insectos, con una mirada desde las Ciencias Agrarias, encuentren en sus páginas un lenguaje claro y sencillo que les permita abordar su estudio de una manera más práctica y potenciando los saberes previos.

En esta obra realizamos un recorrido por la parte general de nuestra asignatura, según el programa de estudio, con los seis primeros temas: Generalidades. Nociones de nomenclatura y Taxonomía zoológica, Morfología externa, Aparatos bucales, Metamorfosis, Morfología interna, y Nociones de Ecología. Técnicas de muestreo; y también dos anexos. En uno de los anexos planteamos el concepto de Trofobiosis como disparador de una serie de procesos que explican el porqué del aumento de las poblaciones de insectos en los sistemas agrícolas y, en el otro, tratamos los Hábitos alimentarios de los insectos.

Los docentes de la cátedra de Zoología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias anhelamos que sea una obra de consulta permanente en el marco de un modelo de enseñanza que valore el aprendizaje guiado y aproximativo, teniendo como fin la incorporación de conocimientos y un lenguaje zoológico propio de nuestra currícula.

ISBN 978-950-721-606-0



9 789507 216060