J-31411943-5

IVEA

Instituto Virtual de Estudios Avanzados

Ciencias Forenses y Criminalística

MÓDULO V

"ENTOMOLOGÍA FORENSE"

IVEA | Instituto Virtual de Estudios Avanzados | 2018

Contenido

1. Introducción a la Entomología 3
Los Insectos y El Hombre 3
La entomología forense y su utilidad 3
Colombia como ejemplo 3
Pocos minutos después de la muerte 5
Introducción a la Entomología 5
Alcances de la Entomología 6
Generalidades de los insectos 10
Las moscas como relojes biológicos 10
Biología, preferencias y medio ambiente 12
2. Morfología 15
Fundamentos Morfoanatómicos de los insectos 15
Partes fundamentales de un insecto 16
Conceptos Fundamentales 17
Entomología aplicada 23
Evolución de la estrategia de control en la protección de cultivos 23
1) Control químico indiscriminado 24
2) Control químico aconsejado 25
3) Control dirigido 25
4) Protección integrada 26
Concepto de manejo integrado de plagas 26
Niveles económicos de decisión en manejo de plagas 0
Daño económico 1
Nivel económico de daños (NED) 2
Umbral económico o umbral de tratamiento (UT) 4
Estrategias y tácticas en manejo integrado 5
Causas que limitan la adopción de programas de manejo integrado 8
Métodos de captura 9
Claves de determinación 11
3. Fauna Cadavérica 14
Concepto 14

Ordenes de interés en entomología forense 0
La entomofauna de cadáveres 0
Sustancias atrayentes 0
Entomofauna 0
Insectos necrófagos y necrófilos 2
Especies necrófagas 3
Especies necrófilos (depredadoras y parásitos) 3
Especies omnívoras: 3
Descomponedores de cadáveres 4
Periodos en la descomposición de un cadáver 4
Clasificación de las Escuadras de la muerte del Prof. Pierre Megnin 5
Las cuadrillas de la muerte de Jean Pierre Megnin 5
Los insectos pueden agruparse en 4 grupos diferentes, según el mismo Megnin: 6
4. Muestras 8
Estudio Aplicativo de la Entomología Forense en un Centro de Investigación 8
Recogida de muestras 9
Transporte de las muestras 11
Preservación de las muestras entomológicas 11
Protocolo para la recogida, conservación y remisión de muestras entomológicas en casos forenses. 12
Referencias Bibliográficas 13

1. Introducción a la Entomología

LOS INSECTOS Y EL HOMBRE

La entomología forense y su utilidad

La entomología forense interpreta la información que suministran los insectos como testigos indirectos de un deceso, donde la patología clásica no provee todos los datos necesarios para resolver un caso . Los objetivos principales de esta ciencia son: determinar el intervalo post mortem a través del estudio de la fauna cadavérica, establecer la época del año en que ocurrió la muerte y verificar si un cadáver ha sido trasladado. Esta información, sin duda, da certeza y apoyo a otros medios de datación forense. De igual manera, esta ciencia puede ser utilizada para vincular al sospechoso con la escena de crimen o a su presencia anterior en el lugar de los hechos, relacionando la actividad de llegada de los insectos con los grupos que se encuentran en un área determinada.

¿Por qué insectos?, ¿qué tienen en particular para ser usados en la ciencia forense?

Algunas moscas tienen características que las hacen únicas para ser utilizadas en la ciencia forense; la primera y más importante es su hábito alimenticio. Muchas de estas especies son necrófagas y se alimentan directamente de cadáveres en su estado larvario. Los dípteros de mayor importancia pertenecen a las familias Sarcophagidae, Calliphoridae y Muscidae.

Otras características de las moscas están relacionadas con su morfología y fisiología, como la capacidad de detectar el olor emanado por un cadáver a kilómetros de distancia y el tamaño pequeño que les facilita el acceso a casi cualquier lugar, ya sea un sótano, el baúl de un auto o una habitación cerrada, logrando ser las primeras en hallar un cadáver. Además, su capacidad de volar les permite desplazarse a grandes distancias en tiempos relativamente cortos.

Colombia como ejemplo

En Colombia, como puede ser corroborado mediante estadísticas de los entes acusatorios, el índice de muertes violentas y el porcentaje de casos sin resolver es elevado y los sistemas judiciales tienen poco conocimiento sobre técnicas de recolección y cría de insectos basadas en entomología forense. Aunque se han efectuado estudios sobre esta ciencia en varias ciudades del país, los

datos obtenidos son mínimos si tenemos en cuenta la extensión territorial del país y la diversidad de climas entre regiones y entre microclimas dentro de cada región.

Una de las mayores deficiencias son las claves taxonómicas para especies de Sur América y en particular para Colombia. Aunque las claves del neotrópico, Norte América y Europa, son útiles, la composición de especies es diferente y deben prepararse claves para cada zona. Greenberg y Szyska describen los estados inmaduros y la biología de 15 especies de la familia Calliphoridae para una región de Perú. En Brasil se ha estudiando la clasificación y la taxonomía de varios géneros de la subfamilia Chrysomiinae, mientras que en Argentina se han realizado trabajos sobre la taxonomía y la distribución del género *Compsomyiops*. La preparación de claves para los dípteros de Colombia es indispensable para identificar las especies que intervienen en el proceso de descomposición en cada zona y, así, estudiar su morfología, biología, ecología y ciclo de vida.

A veces se piensa que todo está hecho y que no hay mucho por investigar, pero debemos reconocer el gran campo de investigación que ofrece la entomología forense y sus bondades. En Colombia no existen estudios contundentes sobre:

1. Curvas de crecimiento de insectos.
2. Efectos de la temperatura sobre el desarrollo de las especies.
3. Estudios de competencia.
4. Depredación y dispersión larval.
5. Distribución de las especies.
6. Catálogos de descripciones de los dípteros que intervienen en el proceso de descomposición.
7. análisis de modelos de sucesión.
8. Estudios sobre actividad y abundancia de las moscas en zonas urbanas y rurales, entre otros.

Se espera que la entomología forense se desarrolle en Colombia, al igual que en otros países, como una herramienta legal con técnicas que permitan que los resultados de las pruebas obtenidas por esta ciencia tengan valor probatorio dentro de los procesos legales, ya que el desconocimiento en la materia y la precariedad de los estudios en dicho campo, no han permitido que a la entomología forense se dé el realce, la seriedad y la importancia que tiene en la rama de la medicina legal.

En los últimos años se ha convertido en una *herramienta muy eficaz en la lucha contra el crimen*. En 'A hombros de gigantes' hemos hablado con José Luís Viejo, catedrático de Zoología de la Universidad Autónoma de Madrid.

Hasta hace poco tiempo los gusanos solo eran una señal de putrefacción. Hasta hace muy poco tiempo, los investigadores veían en los gusanos de los cadáveres una simple *señal de putrefacción que había que limpiar de inmediato*.

Pero a finales del siglo XIX, empezó a ser tenida en cuenta la entomología forense. El profesor Viejo ha explicado que los insectos son **los** *primeros organismos que descubren un cadáver.*

Pocos minutos después de la muerte

Los dípteros son capaces de localizar un cuerpo apenas unos minutos después de ocurrida la muerte, o incluso antes. Y los artrópodos aparecen en un cuerpo en descomposición en una secuencia temporal predecible, según la región y época del año.

Los entomólogos han aprendido como se produce esa visita en oleadas, pues cada estadio de la putrefacción de un cadáver atrae selectivamente a unas especies determinadas.

Más allá del tiempo que lleva muerta una persona, los insectos ofrecen información adicional. **Actúan como chivatos en el contrabando de drogas**, para desvelar las rutas del narcotráfico. Y en el movimiento de grupos terroristas y secuestradores.

Los insectos estrellados en la matrícula, el limpiaparabrisas o el radiador del coche permiten establecer cuál ha sido su itinerario. Y los huevos y larvas adheridos a las hojas de cannabis y otras drogas pueden hacer las veces de un sello de denominación de origen.

INTRODUCCIÓN A LA ENTOMOLOGÍA

El típico investigador de escena aprende rápidamente que gusanos y cadáveres van juntos. Por muchos años, los "gusanos" arrastrándose por los ojos, nariz, y otros orificios y heridas en cuerpos muertos fueron considerados otro elemento desagradable del deceso - algo para ser lavado apenas el cuerpo era puesto sobre la mesa de autopsias. Mientras las balísticas, examinación de armas, marcas de mordeduras, química de residuos de polvos de arma, análisis de manchas de sangre, y otros elementos de la criminología científica fueron estudiados y refinados, los insectos asociados con las escenas de muerte fueron ampliamente ignorados.

A través de los años, sin embargo, algunos científicos investigaron la entomología forense, la cual se ha vuelto fascinante, y al mismo tiempo más misterioso, campo de estudio biológico. De todas formas, el campo es amplio. Los potenciales para contribuciones de la entomología a las investigaciones legales han sido sabidos por lo menos desde hace700 años, pero sólo por la última década ha sido definida como un campo distinto de la ciencia forense.

Entomología Forense es el nombre dado a cualquier aspecto del estudio de insectos y artrópodos que interactúan en la materia legal. Lord y Stevenson (1986) la dividieron en tres componentes: entomología urbana (procedimientos legales involucrando insectos y animales relacionados que afectan estructuras hechas por el hombre y otros aspectos del

ambiente humano), entomología de productos almacenados (procedimientos involucrando insectos que infectan comodidades almacenadas tales como cereales y otros productos de cocina),y entomología medica-legal. El ultimo campo, a veces llamado "entomología médica forense" y en la realidad "entomología medicocriminal" (por su enfoque crimen violento), se relaciona principalmente a 1) determinación del tiempo (intervalo postmortem o PMI) o sitio de la muerte humana, 2) casos involucrando posible muerte repentina, 3) accidentes de tráfico sin causa obvia inmediata, y 4) posible maltrato criminal de insectos (Leclercq 1969). La entomología forense está inextricablemente vinculada con los campos más amplios de la ciencia de entomología medica, y la patología forense.

Alcances de la Entomología

Como practicada en el presente, la entomología medico-criminal trata principalmente con inferencias hechas luego de la examinación e identificación de colección de artrópodos de o cerca de los cuerpos. Conclusiones de significancia forense a menudo pueden ser sacas notando el estado de la colonización sucesiva del cuerpo por la fauna de artrópodos local, o identificando el desarrollo de insectos necrophilous (comedores de carne muerta) colectados en, sobre o cerca del cuerpo.

Un entomólogo profesional está capacitado para obtener muestras adecuada de especimenes de artrópodos apropiada, bien preservada para su estudio, de una escena de muerte. En la mayoría de los casos, especimenes adicionales necesitan ser atrasados al estado adulto, y un entomólogo profesional sabe cómo realizarlo exitosamente. El conocimiento de biología y distribución geográfica de artrópodos (especialmente moscas blow) pueden permitir la determinación de estimaciones específicas relativas al intervalo de tiempo en el que el cuerpo fue expuesto a la actividad de artrópodos, y una indicación de si la fauna recolectada es nativa o extranjera al sitio donde el cuerpo fue encontrado. A menudo esto puede probar ser útiles en la determinación de la ubicación real de la muerte. Por ejemplo, ciertas especies de moscas blow tienden a ser encontradas principalmente en grandes ciudades. La identificación de tales especies en asociación con el encuentro del cuerpo en una carretera rural sugiere que la víctima fue asesinada en la cuidad y subsecuentemente tirada en un ambiente rural remoto.

Identificar artrópodos con precisión es el rol principal de los entomólogos medicocriminales. Esto provee más que cualquier otro factor el fundamento sólido para cualquier inferencia subsecuente relativas a la fauna. Aunque los especimenes pueden ser recolectados por técnicos de la escena del crimen, examinadores médicos, o patólogos forenses, las cualidades en identificación descansarán con un entomólogo completamente calificado.

Historias de casos han documentado la utilidad de la entomología medicocriminal y señalan las contribuciones únicas de este campo de la ciencia. Nuorteva et al. (1967, 1974) presentó una serie de casos de Finlandia en los que las moscas blow fueron usadas como indicadores de escenas tanto de interiores como de exteriores, y fueron los estados inmaduros (larvas) o adultos donde se usaron para la identificación. Leclercq (1969) proveyó un escenario de una caso típico y resaltó como la información de insectos fue usada para corroborar información obtenida de otras fuentes. Greenberg (1985) resaltó algunos casos, incluyendo una descripción de como información de laboratorio de moscas fue usado para calcular el número de grados de horas acumulados (ADH) requerido para ciertas especies de moscas blow para desarrollarse, y como estos datos fueron aplicados a la solución de un asesinato en Illinois. En otro caso reciente, Greenberg (pers. comm.) describió como la ausencia de insectos, en una aparente escena de muerte sincera, llevó a la confesión de un asesino. Había una ventana abierta al lado de la víctima cuando se encontró el cuerpo, dando la impresión de que el asesino la había forzado para entrar en el cuarto la noche anterior. Sin embargo, el aire del cuarto estaba fresco aunque afuera estuviese muy caluroso. En realidad, el asesino era conocido de la víctima, tenia llave, y regresó a "preparar la escena" abriendo la ventana justo antes de fingir encontrar el cuerpo. Los insectos no tuvieron suficiente tiempo de colonizar el cuerpo porque la ventana había estado cerrada antes del regreso del asesino. Cuando fue confrontado con esta realidad biológica remarcado por un entomólogo medicocriminal, éste confesó.

La historia de la entomología forense

En un experimento famoso tanto por su demostración de método científico como por su contribución a la entomología, Francesco L. Redi (1668) estudió la carte podrida que estaba o expuesta o pretegida de las moscas. De sus análisis de infección subsecuente de moscas blow, erfutó la hipótesis de " generación espontánea" de vida. Para ese momento, era de creencia popular que bajo las condiciones correctas los gusanos venían de la carne podrida. Más tarde, Bergeret (1855), cerca de Paris, Francia, fue la primera persona del oeste en usar insectos como indicadores forenses. El cuerpo de un bebé fue encontrado detrás de un mantel plástico en una casa, y una comenzó una investigación. Bergeret determinó que los insectos sujetos a ese cadaver señalaban que el estado del deceso databa de algunos años atrás; consecuentemente, la cuestión de culpa fue echada sobre los anteriores ocupantes de la casa, y no sobre los actuales.

Los métodos y materiales de Bergeret fueron similares a los usados por la entomología medicocriminal actual; eso es, la sucesiva colonización de un cuerpo por especies de artrópodos perdecibles. Entre 1883 y 1898, J. P. Megnin en Francia publicó una serie de artículos tratando con la entomología medicocriminal. El más famoso de éstos, La Faune des

Cadares, sirvió en gran parte para hacer que las profesiones médicas y legales estén al tanto de que la inforeación entomológica pueden ser útiles en investigaciones forenses.

Aunque los entomólogos están familiarizados con las referencias citadas arriba, temas medicocriminales en el Lejano Este preceden esto considerablemente. En 1235 A.D., Sung Tz'u, un "investigador de muertes" chino, escribió un libro titulado "The Washing Away of Wrongs" (traducido por McKnight 1981; en castellano, El lavado de Males) en el cual se detallaba la ciencia forense como era conocida en esa época. Es este texto, lo que probablemente fue el primer caso registrado de entomología medicocriminal. Un asesinato por cuchilladas ocurrió en un pueblo chino, y el investigador local tenía que resolver el crimen. Luego de interrogatorios sin fruto, el investigador hizo que todos los pueblerinos llevaran sus sickles a un punto y los pusieran frente a la multitud.

Las moscas fueron atraídas hacia uno de los sickles, probablemente por remanentes invisibles de tejido que permanecían adheridos, y subsecuentemente el dueño quebró su silencio y confesó el crimen. En otras porciones del texto, Sung Tz'u demostró conocimiento de la actividad de las moscas blow en cuerpos relativos a esos orificios infestados, el tiempo de la infestación, y el efecto del trauma de atractivo del tejido a esos insectos.

Cualquier sistema analítico es tan confiable como la información sobre la que está findada, y la entomología forense no es la excepción. Ya que la identificación específica de artrópodos necrophilous es de primordial importancia, se pueden obtener pocos resultados repetidos antes de que se halla realizado un trabajo taxonómico adecuado en los invertebrados (los insectos y animales relacionados) en cuestión. La Taxonomía y sistemática comprenden la ciencia describiendo, clasificando, y proponiendo relaciones evolutivas entre varias formas de vida.

Aunque muchas sinantrópicas (fuertemente asociados con la actividad humana) moscas (tales como Drosophila, Musca, Muscina, Ophyra, Stomoxys, y otras) no son frecuentemente encontradas en investigaciones forenses típicas, otras especies asumen gran importancia (Greenberg 1985). Las moscas (Calliphoridae) que se alimentan de carroña (carne muerta) y moscas de carne (Sarcophagidae) son las más útiles en las investigaciones de muerte. La monografía de Aldrich (1916) sobre sarcófagos hizo uso de los genitales distintivos masculinos, con esto permitiendo a los entomólogos identificar los especimenes masculinos adultos de esta importante familia.

Este concepto envuelve lo tan llamado arreglo "cerradura y llave" en muchos insectos que facilitaban la aislamiento reproductiva entre especies. Los órganos copulativos masculinos de cada tipo (especies) de moscas mayores están compuestos por estructuras únicas y complejas que son usados como caracteres clave para realizar una determinación específica. Ésta adaptación ha sido aplicada con éxito equivalente a las moscas blow de importancia forense.

Veinte años después, Knipling (1936) publicó descripciones y claves de muchos gusanos recientes comunes de moscas de carne. Aunque se ha realizado trabajo considerable en la fauna de la mosca blow de América del Norte (Knipling 1939), la monografía de Hall de 1948, "The Blowflies of North America" (las Moscas Blow de América del Norte), hicieron posible

la identificación percisa de larvas adultas y maduras de la mayoría de las especies de esta familia también.

Aunque muy pocos lo sabían (eso es, previamente irreconocible) las especies calliphorid de Norteamérica fueron descriptas recientemente, se han eralizadado esfuerzos para acumlar información de distribución mejorada (may y Townsend 1977, Hall 1979, Goddard y Lago 1983). Se necesita mas investigación sobre identificación específica de los estados críticos de larva y pupa (mayormente recolectados en investigaciones de muerte). En el presente, la primera instancia de la larva de la mosca blow (el estado que precede directamente del huevo) generalmente no son identificables a las especies, y segunda instancia (el próximo estado de gusano) pueden ser identificados precisamente sólo en ocasiones.

La situación es de alguna forma mejor con respecto a la tercera instancia o larva prepupal (el estado mayor de la larva, y la más comúnmente observada), pero sólo si esos especimenes son preservados correctamente. Inclusive, un número significativo de moscas blow nativas no pueden ser identificadas en el presente como inmaduras. Ésta es actualmente un área en estudio activo, y en este momento se está aplicando la técnica relativamente nueva de microscopia de scaneo de electrones (Liu y Greenberg 1989).

Por el requerimiento medicocriminal de información confiable en valor de desarrollo de larvas, se ha realizado un esfuerzo considerable para medir dichos intervalos. Información anecdótica sobre moscas blow contenida en trabajos anteriores fue suplantada ampliamente por los datos de Hall (1948), y luego fue refinado para algunas especies de importancia forense para estatus de grado de hora (Greenberg 1985). Ya que los animales son de sangre fría, su rango de desarrollo es más o menos dependiente de la temperatura del ambiente. Las investigaciones han mostrado que para cada especie hay generalmente una temperatura bajo la cual no hay desarrollo.

As temperature rises above this threshold, a certain amount of time is required for the insect to attain defined stages of development (for instance, from the newlylaid egg through the second instar maggot). Because this heat is accumulated as "thermal units," it can be calibrated and described as "degreedays" or "degreehours," depending on the accuracy of temperature readings and time period involved.

De todas formas, la mayoría de las partes posteriores de los laboratorios (bajo las cuales de desarrolla la información de grado-hora) se han hecho a temperatura constante, por lo que sería necesaria investigación adicional para establecer correlaciones entre esta información, típicas temperaturas de fluctuación de campos (más cálido durante el día y más fresco en la noche), y el promedio diario de mediciones frecuentemente reportadas de estaciones climáticas. Los registros de clima retrospectivo de la estación de grabación del clima (como un aeropuerto) son los más usados en evaluaciones medicocriminales.

El acceso a la literatura científica perteneciente directamente a la entomología medicocriminal ha sido facilitado por dos bibliografías recientes. Una guía inicial para el involucramiento entomológico en la patología forense, más una bibliografía selecta, fue provista por Meek et al. (1983). Una bibliografía de todas publicaciones relacionadas entera o parcialmente con la entomología medicocriminal fue compilado en el mundo entero por

Vincent et al. (1985). El escrito posterior contenía 329 referencias y fue corriente durante 1983; por esto, el cuerpo de literatura actual perteneciente a esta subdiciplina de entomología forense no es amplia comparada con otras materias biológicas o legales. El primer libro de texto dedicado a la entomología forense fue publicado en 1986: (Un Manual para la Entomología Forense) "A Manual of Forensic Entomology" (Smith 1986). Ésta es una excelente referencia para la entomología, y recopila la información saliente contenida en la literatura sobre esta materia.

GENERALIDADES DE LOS INSECTOS

Las moscas como relojes biológicos

Las moscas son los primeros animales que llegan a un cadáver. Su ciclo de vida permite determinar el intervalo post mortem, si se considera el tiempo que tardan en pasar de un estado a otro. La metamorfosis completa de la mosca consta de cuatro estados bien definidos. El huevo es seguido por un período larval de intensa actividad alimenticia, con posterior ingreso a uno de inmovilidad (pupa), período en el cual se desarrollan las características del adulto, quien surge pasadas una o dos semanas (Figura 1).

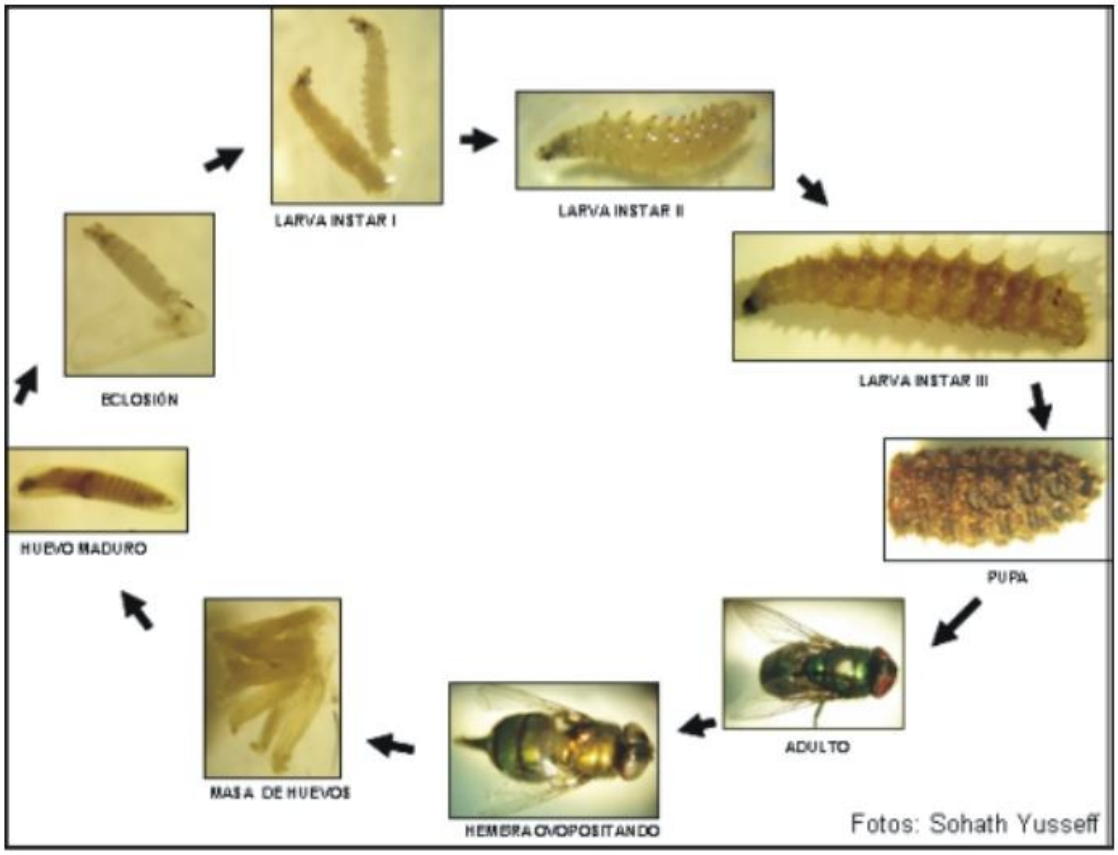


Figura 1. Ciclo de vida de Chrysomya rufifacies (Diptera: Calliphoridae).

El análisis de los huevos de moscas colectados de los cadáveres (disección, microscopia óptica y microscopia electrónica) puede ayudar a los investigadores en la estimación precisa

del intervalo post mortem. Los huevos incuban típicamente en uno a tres días, dependiendo de la especie y las condiciones ambientales. El examen del estado embrionario muestra el tiempo de oviposición y, por lo tanto, el tiempo de muerte. Las larvas de mosca crecen rápidamente, pasando por tres estadios larvales antes de alcanzar su tamaño final. Estas se crían juntas en grandes números y se mueven entorno al cadáver promoviendo, así, la diseminación de bacterias y secreción de enzimas, lo cual hace posible el consumo de los tejidos blandos del cadáver. El desarrollo de las larvas tarda varios días dependiendo tanto de la especie, de las condiciones ambientales, como del número de larvas presentes. A mayor temperatura y mayor humedad relativa el insecto se desarrollará más rápido y viceversa. Por ejemplo, *Chrysomya rufifacies* (Calliphoridae) tarda en pasar de huevo a adulto 612 horas a 15.6 ºC, 289 horas a 25 ºC y 180 horas a 32 ºC. Si tenemos en cuenta un modelo de referencia donde el desarrollo de las larvas de dípteros es una curva de crecimiento, entonces la mejor estimación de la edad para una larva es el valor que corresponde a su tamaño en la curva, es decir, una línea horizontal trazada desde un valor en el eje del tamaño de la larva, intersecaría con la curva de crecimiento directamente sobre la edad de la larva (Figura 2).

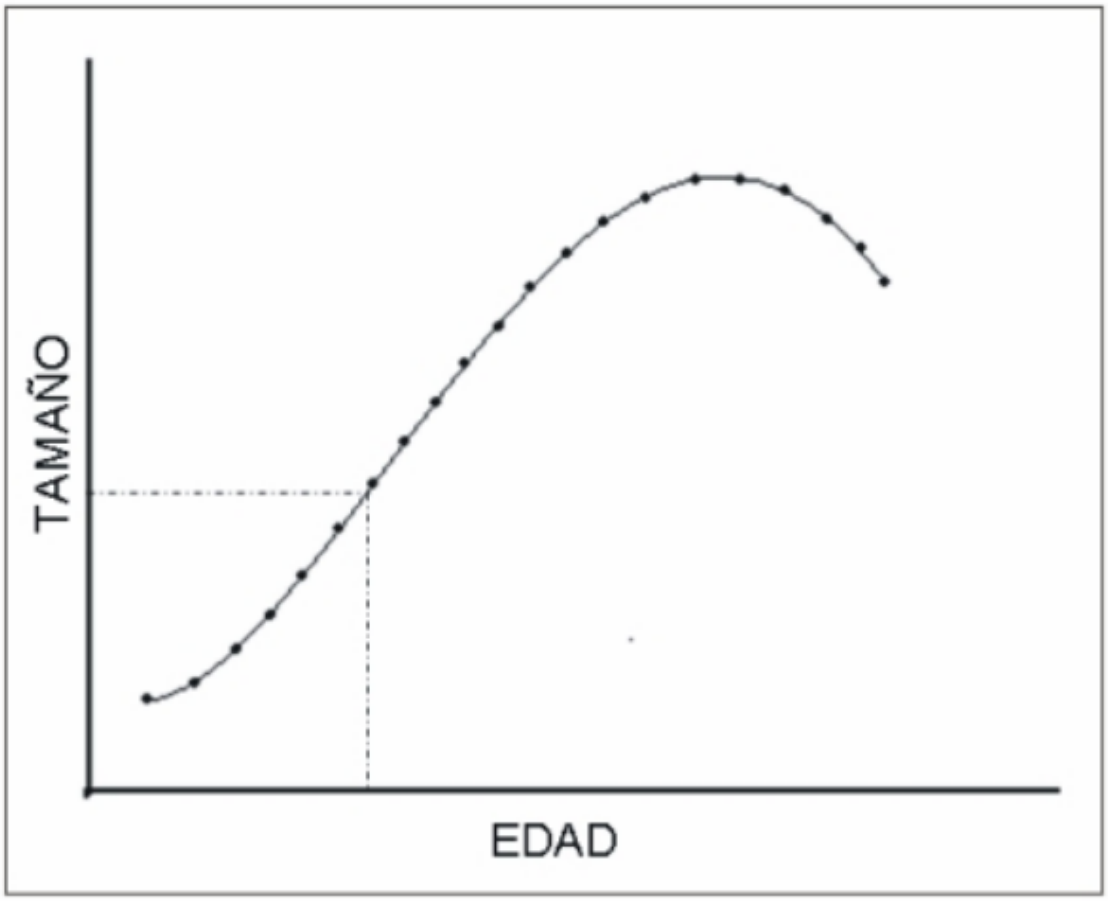


Figura 2. Curva de crecimiento larval hipotética. Muestra la forma frecuentemente observada por los cambios en tamaño de la larva, desde la eclosión del huevo hasta la formación de la pupa. La línea punteada ilustra la predicción de la edad de la larva basada en su tamaño.

BIOLOGÍA, PREFERENCIAS Y MEDIO AMBIENTE

La aplicación de la entomología forense requiere un conocimiento preciso de la mecánica y los factores ambientales que pueden intervenir con los procesos de colonización, tiempo de desarrollo y descomposición de los cadáveres .

Para determinar el intervalo post mortem (IPM) es fundamental saber cuáles insectos se encuentran en la zona, por tal razón, el primer estudio es identificar la entomofauna asociada a la descomposición cadavérica del lugar. Así, para el municipio de Mosquera en Cundinamarca se reportan los géneros *Calliphora sp.* y *Paralucilia sp. (=Compsomiops)* . En la ciudad de Tunja los dípteros más importantes en el proceso de descomposición son *Chrysomya albicepsy Compsomiops sp.* . Las primeras especies colonizadoras en la sabana de Bogotá son*Lucilia sericata* y *Calliphora sp*. y, en Medellín, las especies más importantes son*Chysomya albiceps* y *Cochliomyia macellaria*.

El medio ambiente es esencial cuando se va a estimar el IPM, dado que el desarrollo de cualquier insecto está influenciado por las condiciones ambientales y por el microclima. Los factores más importantes a tener en cuenta son: temperatura, humedad relativa, pluviosidad, irradiación solar y nubosidad. Además, se deben tener en cuenta factores tales como tipo de vegetación, follaje, cobertura y desniveles del terreno.

Cada especie tiene preferencias con respecto a su hábitat, el cual influye en la presencia o ausencia de ciertas moscas sobre el cadáver. El clima es un factor determinante para el establecimiento de las especies, como se ve con *Compsomyiops sp*., que prefiere zonas montañosas altas y frías, no siendo reportado para zonas bajas, a diferencia de *Cochliomyia macellaria* que es encontrada abundantemente en zonas bajas y cálidas. Las moscas también tienen preferencia por los lugares soleados o sombreados. Los géneros *Lucilia y Sarcohaga* prefieren condiciones soleadas, mientras que el género *Callíphora* refiere condiciones de sombra. Por lo tanto, en cuerpos encontrados dentro de casas uno esperaría encontrar especies de *Calliphora* y no de *Lucilia o Sarcohaga* .

En un estudio realizado en la cuidad de Tunja, departamento de Boyacá, dos cerdos del mismo peso y con la misma causa de muerte (golpe en el cráneo) se colocaron en un área con poca vegetación, constituida principalmente por arbolitos de acacia. Se separaron por 12 metros de distancia uno del otro. A pesar de que los dos cerdos estaban bajo las mismas condiciones ambientales, el que se ubicó cerca de los árboles tardó 20 días en llegar a la fase esquelética, mientras que el que estaba lejos de la vegetación tardo 40 días (Figura 3). Esto permite reconocer que el microclima juega un papel importante en el proceso de descomposición. La vegetación proporcionó una humedad relativa elevada, además de protección contra la irradiación solar y la pluviosidad, creando un medio favorable para que el desarrollo de las larvas se acelerara y el tiempo de descomposición disminuyera (13). En escenas en interiores es igualmente necesario recolectar datos como temperatura, existencia de calefactores automáticos, aires acondicionados y posición del cadáver con respecto a las puertas y ventanas.

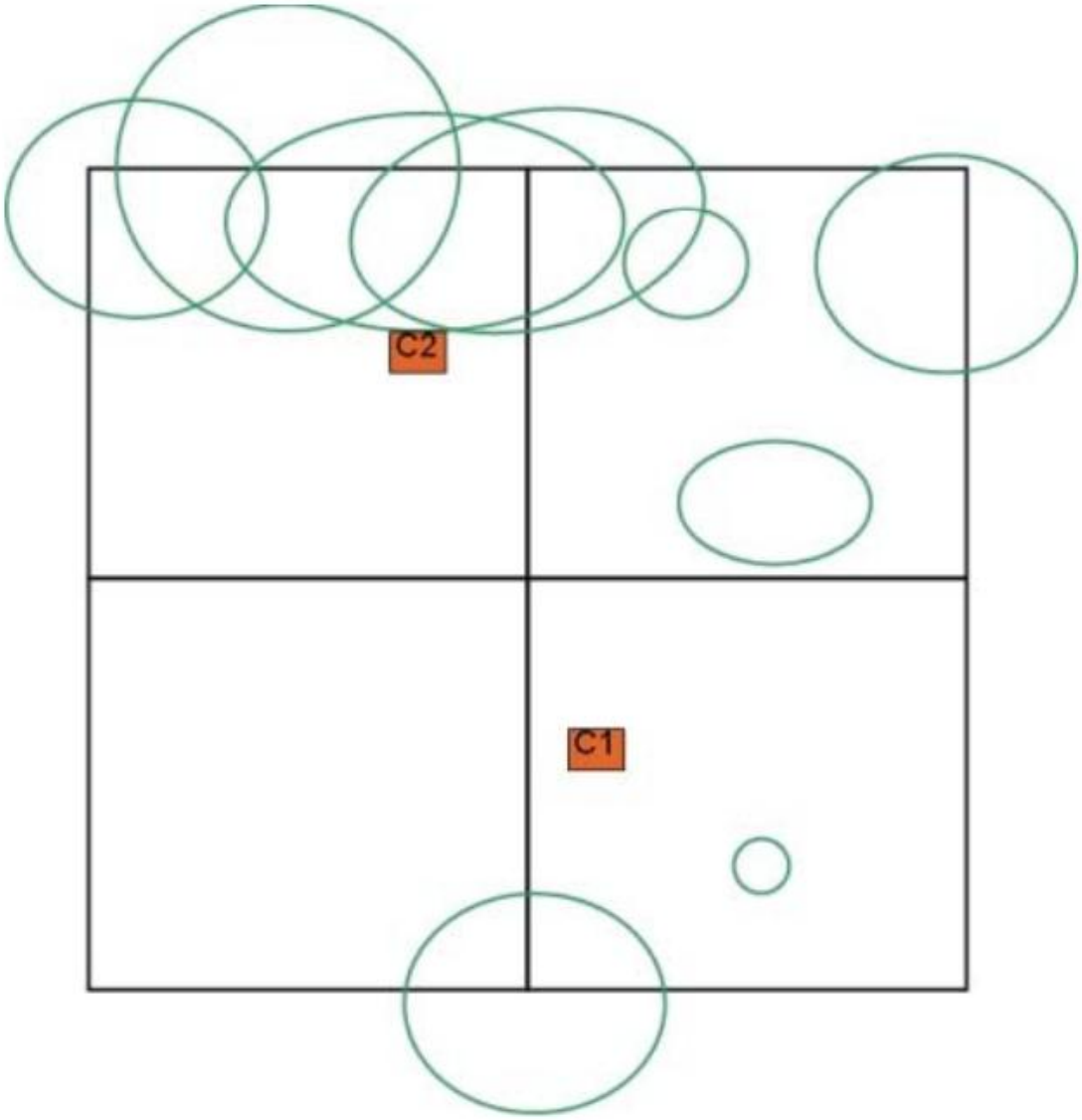


Figura 3. Perfil de vegetación en vista superior. Los cuadros representan las parcelas de 10 x 10 metros cada una; los círculos verdes representan la cobertura de los árboles, y los rectángulos rojos representan la ubicación de los cerdos (Daza y Yusseff, 2003).

La preferencia de los insectos por el estado de descomposición del cadáver permite ver una clara sucesión durante el proceso de descomposición (Figura 4). Primero llegan los dípteros necrófagos (Calliphoridae, Sarcophagidae y Muscidae), luego los coleópteros necrófagos (Silphidae, Dermestidae, y Scarabaeidae) y los depredadores (Syrphidae, Staphilinidae, Forficulidae, Histeridae, Carabidae Vespidae y Cleridae), seguidos por dípteros saprófagos, parasitoides tales como himenópteros y algunos ácaros colémbolos y hormigas que se encargan de limpiar los huesos.

Figura 4. Las cinco fases en el proceso de descomposición cadavérica. (Daza y Yusseff, 2003).

En Mayagüez, Puerto Rico, se reportó a *Chrysomya rufifacies* y *Cochliomyia macellaria* como las especies más importantes en el proceso de descomposición cadavérica y, en experimentos que se han continuado durante este año, se observa una marcada sucesión de dípteros de la familia Calliphoridae.

Cochliomyia macellaria es la primera mosca en colonizar y ovipositar en el cadáver. En el verano llega en abundancia, durante la fase fresca del cadáver, y disminuye notablemente cuando éste comienza a hincharse. Luego llega *Chrysomya rufifacies* y permanece en el cadáver durante la fase hinchada y activa. *Chrysomya megacephala* también llega en abundancia, junto con *C. rufifacies*, pero sus larvas son muy escasas en el cadáver porque no pueden competir con las larvas de *C. rufifacies* . En estudios sobre depredación y competencia se reporta que la mortalidad de *C. megacephala* es del 98% cuando compite con*C. rufifacies* . Durante la fase avanzada llegan principalmente múscidos y posteriormente coleópteros derméstidos.

2. Morfología

FUNDAMENTOS MORFOANATÓMICOS DE LOS INSECTOS

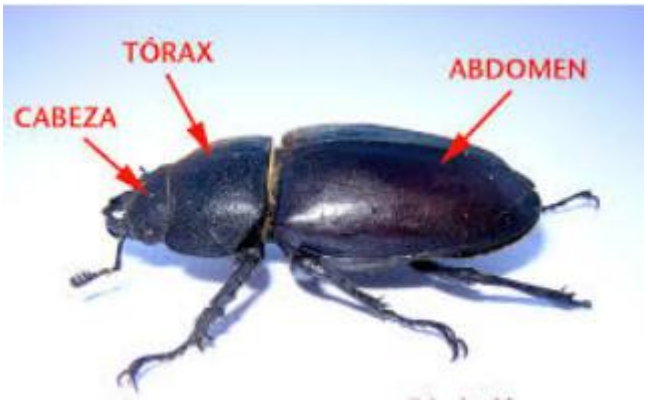
Los insectos son parte de un grupo de animales conocidos como 'los artrópodos. Los artrópodos son conocidos como tales en que se utilizan los casos de protección exteriores duras conocidas como 'exoesqueleto'. Los artrópodos contienen una gran cantidad de criaturas conocidas de muchas patas, incluyendo arácnidos (arañas, milpiés) y crustáceos (langostas mar y cangrejos).

Este exoesqueleto conforma toda la superficie del cuerpo del insecto, elaborado por placas separadas que cumplan las articulaciones del cuerpo y las piernas. Los artrópodos tienen músculos dentro del exoesqueleto, pero los músculos se unen a la propia exoesqueleto (en oposición a los músculos correspondientes a los ligamentos y tendones, que se adhieren a los huesos en un cuerpo humano. El movimiento se realiza a través de estos músculos en movimiento, que a su vez, mover las partes exoesqueleto plateado. exoesqueletos están hechos principalmente de una sustancia conocida como "quitina", que es comparable a

nuestra plástica en el mundo real. Esta sustancia está hecha para ser "auto-moistured" para evitar que las superficies del insecto se sequen.

Partes fundamentales de un insecto

Hay unos tres partes básicas a un insecto - la cabeza, el tórax (la parte central del cuerpo) y el abdomen (la pelota típicamente visto en muchos insectos).



La cabeza de un insecto es donde se encuentran las partes principales de los receptores. Por lo general, usted encontrará los ojos, piezas bucales constituyen la boca y las partes que pican (que también sirven para guiar los alimentos en la boca), y un par de antenas, que son los órganos sensoriales que permiten al insecto a usarlo de olfato, gusto, tacto y la capacidad de los audífonos ". La cabeza del insecto es la parte más poderosa de él es cuerpo y está construido a partir de varias placas de conexión. Los ojos de un insecto se conocen como "ojos compuestos" lo que significa que se componen de varios ojos más pequeños que funcionan al unísono.

El tórax o mediados de la sección, por lo general mantiene las alas (si el insecto puede volar), por lo general dos pares (para un total de 4 alas) y 3 juegos de piernas (para un total de 6 patas). El tórax es también el lugar central de los músculos más potentes utilizados en la operación de las alas y las patas del insecto. Las alas de la mayoría de los insectos están configurados con una estructura de apoyo de las venas engrosadas. El patrón de estas venas varía de insectos a los insectos. Los pies de los dedos de los insectos, contendrá habitualmente almohadillas adhesivas, ganchos o ventosas de algún tipo que permiten la inserción de aferrarse a diversos tipos de superficies o para estrechar a su presa.

El abdomen conforma el pasado, y probablemente el más reconocible, que forma parte del insecto. Esta sección del cuerpo almacena el sistema digestivo del insecto, órganos reproductivos y los órganos picadura (si corresponde). El abdomen es una parte reactiva del cuerpo del insecto, lo que significa que se puede expandir cuando el insecto se alimenta.

El cuerpo de un insecto es no madura como el cuerpo de un ser humano hace. El cuerpo de un insecto debe 'mudar' o una nave que es la piel, en un esfuerzo para crecer. Una vez que el insecto ha arrojado que es la piel vieja, que luego toma el aire o el agua en su nueva piel para 'golpe' que la altura de su nuevo tamaño. Esto debe hacerse antes de que el exoesqueleto se endurece una vez más, de lo que el insecto no se convertirá en su nuevo tamaño más

grande. Algunos insectos han sido saber para mudar más de 20 veces en su vida, pero este proceso cesa cuando el insecto ha alcanzado la madurez en su etapa adulta.

Conceptos Fundamentales

La homología y analogía

Las estructuras homólogas desarrollarse a partir de sustancias embrionarias similares y por lo tanto tienen patrones estructurales y de desarrollo básicas similares, lo que refleja las dotaciones genéticas comunes y relaciones evolutivas. En marcado contraste, estructuras análogas son superficialmente similares y servir funciones similares, pero tienen muy diferentes patrones estructurales y de desarrollo. El brazo de un hombre, el ala de un pájaro, y las aletas pectorales de una ballena son estructuras homólogas en que todos han patrones similares de los huesos, músculos, nervios, vasos sanguíneos y los orígenes embrionarios similares; cada uno, sin embargo, tiene una función diferente. Las alas de las aves y los de las mariposas, en contraste, es decir, son estructuras análogas, tanto permitir el vuelo, pero no tienen procesos de desarrollo en común.

Los términos homología y analogía también se aplican a las estructuras moleculares de los constituyentes celulares. Debido a que las moléculas de hemoglobina de diferentes especies de vertebrados contienen secuencias muy similares de aminoácidos, que pueden denominarse moléculas homólogas. En contraste, la hemoglobina y la hemocianina, el último de los cuales está presente en la sangre de cangrejo, se denominan moléculas análogas debido a que tienen una función similar (el transporte de oxígeno), pero difieren considerablemente en su estructura molecular. Similitudes correspondientes se producen en las estructuras de otras proteínas de diferentes especies, por ejemplo, citocromo c y otras enzimas (catalizadores biológicos), tales como las deshidrogenasas láctico en aves y mamíferos.

Subclase APTERIGOTA

Orden

Collembola

Protura

Diplura

Tisanura

Subclase PTERIGOTA

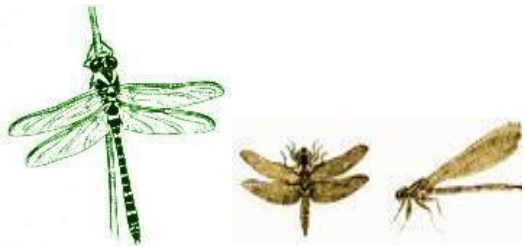
Exopterigota (Hemimetábolos)

Orden

Efemeroptera

Insectos de 1 a 4 cm. con cuerpo delgado. Tienen tres cercos caudales. El adulto tiene una duración de vida muy corta (de ahí el nombre de efémera "efímero", duración muy pequeña), Generalmente con las piezas bucales atrofiadas. Las alas posteriores se encuentran muy reducidas o ausentes. Al final de la muda final, el insecto no presenta todavía todos los caracteres del adulto. Su larva es acuática.

Odonata

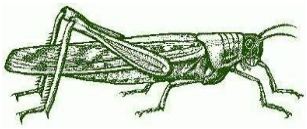


Son insectos carnívoros. Ojos grandes y abdomen muy alargado.. Larvas acuáticas, las cuales están dotadas de una máscara presil que le sirve para capturar las presas. El adulto vuela muy rápido cazando a sus pequeñas presas.

Plecoptera

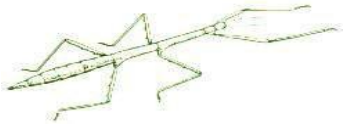
Son insectos con desarrollo hemimetábolo, con largas antenas. Al final del abdomen tiene dos largos cercos filiformes. Las larvas son acuáticas y carnívoras.

Orthoptera



Insectos paurometábolos frecuentemente fitófagos. Pronoto grande y cubre los lados. Las alas anteriores son más resistentes y las posteriores membranosas. El tercer par de patas está adaptado al salto. El macho posee un órgano estridente.

Phasmida



Son insectos paurometábolos de tamaño medio y delgado. Imitan ramitas secas y verdes.

Dermaptera

Insectos apurometábolos, alargados, con alas anteriores reducidas a una pequeña placa (braquiélitros); las posteriores se repliegan bajo las anteriores; los cercos tienen forma de pinzas. La hembra tiene un comoportamiento muy maternal, cuida de los huevos y de las crías recién nacidas.

Embioptera

Alas idénticas y con vello. Las hembras son ápteras y se reproducen a menudo por partenogénesis.

Dictyoptera

Cuerpo alargado y cabeza triangular. Primer par de patas está transformado en patas espinosas: Son carnívoros.

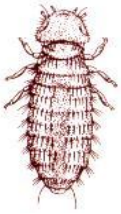
Isoptera

Insectos paurometábolos sociales. Cuerpo blando. Forman colonias muy numerosoas con castas. Se alimentan de madera digerida por flagelados que viven en su tubo rectal. Construyen termiteros y provocan destrozos en la madera.

Psocoptera

Insectos micrópteros o ápteros. Son alados. Son insectos paurometábolos. Se les llaman psócidos, piojos de libros, de cortezas…

Phtirápteros
Mallophaga



Anoplura

Insectos ápteros, cabeza reducida, cuerpo aplastado y con las extremidades terminadas en ganchos. Subórdenes: Malófagos (falsos piojos) y Anopluros (verdaderos piojos).

Hemiptera

Los heterópteros; parte anterior del primer par de alas está engrosada formando el córium,

mientras que la parte terminal es membranosa (hemiélitros). Existen formas terrestres y acuáticas. Suborden Hydrocorisus (chinches de agua): antenas cortas, disimuladas; por lo general predadores. Pertenecen la Nepa, notonecta…Suiborden Gymnoceratus: antenas libres y salientes. Las formas acuáticas son generalmente predadoras (hidrometra), las formas terrestres (Geocorisos) son denominados comunmente chinches.. Chinches de la madera (fitófagos), de la cama (parásitos), parásitos de vertebrados…

Los homópteros son suptores de savia. Alas homogéneas, en reposo, dispuestas en tejadillo por encima del cuerpo. Pertenecen las cigarras, cicádidos… Actualmente algunos los consideran un orden diferente (Homoptera).

Thysanoptera

Son insectos muy pequeños, entre 1 y 2,5 mm. Alas bordeadas con flecos, piezas bucales picadoras-suctoras, en general fitófagos. Aunque son exopterigotos, su desarrollo es complejo con fases de diapausas. Mowscas de tormenta.

Subclase PTERIGOTA

Endopterigota (Holometábolos)

Orden

Neuroptera

Parecidos a las libélulas, solo en la forma externa. Alas cuyas nerviaciones se bifurcan hasta el borde del ala. Larvas terrestres y predadoras. Pertenecen las crisopas, con los dorados ojos, las hormigas leones cuya larva se entierra en el fondo de un hoyo bien preparado donde es fácil que resbalen las hormigas y pequeños insectos…

Mecoptera

La cabeza se prolonga hacia abajo terminando en una especie de morro, en el extremo del cual se encuentran las piezas bucales trituradoras. La mosca escorpión pertenece a este grupo. El abdomen del macho, en la mosca escorpión, lleva un aparato copulador hinchado y recurvado hacia adelante.

Lepidoptera

Se caracterizan por sus dos pares de alas membranosas, cubiertas de pequeñas escamas coloreadas. Su tamaño varía desde algunos milímetros hasta más de 30 cm. Aparato bucal de tipo lamedor-chupador está formado por una espiritrompa más o menos larga con la cula absorven el néctar. Las orugas son fitófagas. Hay dos grupos, los Ropalóceros (diurnos) y los Heteróceros (nocturnos).

Tricoptera

Alas cubiertas de pelos; las larvas son acuáticas y generalmente viven en una especie de capullo que fabrican con sefda y trocitos de piedras y restos vegetales.

Diptera

Alas posteriores reducidas a pequeños balancines (alterios). Distinguimos dos subórdenes: Nematóceros (mosquitos) y Braquíceros (moscas).

Siphonaptera
Hymenoptera

Alas mrembranosas y dotadas de un dispositivo de enganche. El primer segmento abdominal está fusionado al tórax. Las larvas tienen la forma de orugas ápodas. Subórdenes: Sinfitos (mosca de sierra), Tenebrantes y Aculeatos (hormigas y los apócritos, abejas y avispas)

Coleoptera

Es el mayor orden del reino animal, con casi 300.000 especies. Se caracterizan por tener un par de alas anteriores quitonosas, duras (élitros)que protegen a otras dos posteriores membranosas y con las que pueden volar. No todos vuelan, y algunos tienen los élitros fusionados, otros los élitros están muy reducidos. Los hay terrestres y acuáticos como os ditiscos. El aparato bucal es del tipo triturador; Subórdenes: Adéfagos (carabos, calosomas, ditiscos...), Polífagos (melolóntidos, lucanos, luciérnaga, mariquita, gorgojos...), Arcostomados y Myxófagos.

Strepsiptera

Insectos parásitos cuyas alas posteriores están transformadas en balancines con forma de mazas. Las alas anteriores tienen forma de abanico. Sólo los machos pueden verse, pues las hembras viven en el interior del cuerpo de otros insectos, en donde nacen las larvas, que buscan un nuevo huésped.

ENTOMOLOGÍA APLICADA

La entomología aplicada es el estudio de los insectos de interés para el ser humano, ya sea por los productos que proporcionan, como por el impacto que ocasionen en los bienes del hombre. Son de especial interés los insectos: Productores de miel, cera, propóleos, polen y otros recursos (apicultura). Transmisores de enfermedades en los animales y el hombre. Plagas en cultivos, materiales almacenados y estructuras. Controladores de otras plagas.

Evolución de la estrategia de control en la protección de cultivos

Se define la Agricultura Sostenible como aquella agricultura capaz de abastecer las necesidades alimentarias del presente sin poner en peligro el abastecimiento de alimentos de generaciones futuras. Su aplicación, pretende sustituir el modelo de agricultura productivista poco preocupada por las exigencias de protección del medio ambiente, por otro en el que los fines sean la producción agraria a largo plazo y la variable medioambiental se considere un factor de producción tan importante como tierra, capital o trabajo. El sistema para llevar a la práctica los objetivos de una agricultura sostenible, sin olvidar un sector minoritario como es la agricultura ecológica, es la Gestión Agraria Integrada o Producción Integrada, que persigue el abastecimiento de los mercados y el mantenimiento de un nivel de precios justos para los consumidores, junto a la preservación del medio ambiente y de la naturaleza como fuente importante de recursos.

Según la Organización Internacional de Lucha Biológica e Integrada contra los Animales y las Plantas Nocivas (OILB), la Producción Integrada es un sistema de explotación agraria que:

Integra los recursos naturales y los mecanismos de regulación en las actividades de explotación agraria para minimizar los aportes de insumos procedentes del exterior de la explotación.

Asegura una producción sostenible de alimentos y otros productos de alta calidad mediante la utilización preferente de tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

Mantiene los ingresos de la explotación agraria.

Elimina o reduce las fuentes de contaminación provocadas actualmente por la agricultura.

Mantiene las múltiples funciones de la agricultura.

Uno de los principios de la Producción Integrada considera que la toma de decisiones en la protección de los cultivos frente a plagas, enfermedades y malas hierbas se debe basar en las técnicas de Manejo Integrado. El Manejo Integrado, también llamado Protección Integrada, Control Integrado o Lucha Integrada, es el método de control más avanzado que existe en la actualidad. Cuando su objetivo es el control de los daños provocados por los artrópodos en los cultivos se habla de Manejo Integrado de Plagas. A lo largo de la historia reciente, la protección de cultivos ha pasado por una serie de fases:

1) Control químico indiscriminado

Se basa en el empleo de plaguicidas de amplio espectro, aplicados sistemáticamente según un esquema rígido y preestablecido ("calendario"), realizándose en muchas ocasiones tratamientos sin estar presente la plaga. Generalmente, se combina un número reducido de materias activas, que se repiten varias veces en una misma campaña. Las *ventajas* de este tipo de estrategia son:

- Inicialmente disminuyen los daños producidos por las plagas.
- Es un método sencillo y de fácil aplicación por los agricultores.
- Los *inconvenientes* más destacables son:
- Aparición de resistencias.

Aparición de nuevas plagas y enfermedades debido a factores como la reducción de la fauna útil, cambios fisiológicos en la planta que mejoran su calidad nutritiva en calidad y cantidad, provocando un aumento del potencial biótico de algunas plagas (trofobiosis), etc.

Alto riesgo de intoxicación para el aplicador, facilidad de aparición de residuos en las cosechas y mayores riesgos de contaminación del medio ambiente.

Incremento de los costes de producción debido al gasto que suponen los plaguicidas y al gasto de tiempo necesario para la aplicación de los tratamientos.

2) Control químico aconsejado

Consiste en la racionalización de los tratamientos en función de las recomendaciones dadas periódicamente por las Estaciones de Avisos pertenecientes a las Administraciones Autonómicas y por técnicos especialistas, basadas en un profundo conocimiento de la biología de las plagas, que permiten decidir el momento adecuado para su realización, así como los productos fitosanitarios más idóneos. Las *ventajas*que presenta este método son:

Se produce una reducción del número de tratamientos y mejora su eficacia.

Disminuye la contaminación ambiental y el riesgo de aparición de residuos en las cosechas.

Sus *inconvenientes*:

Las recomendaciones se realizan a nivel de zonas bastante extensas, no considerando las diferencias microclimáticas que existen dentro de cada área, por lo que existe la posibilidad de realizar tratamientos fuera de plazo o con una cadencia inadecuada.

Las recomendaciones se realizan sin conocer la densidad de plaga en cada parcela, por lo que se siguen empleando productos polivalentes y poco selectivos.

Sigue existiendo riesgo de aparición de resistencias.

3) Control dirigido

El control dirigido no se limita únicamente a determinar el momento oportuno de tratamiento de un plaga y el producto más efectivo, sino también la necesidad real de la intervención. Se introduce el concepto de "umbral económico de daños": *densidad de plaga a partir de la cual los daños que se ocasiona son superiores al coste de las medidas de control que los evitaría*. Las *ventajas* de su empleo son:

· Se produce un buen control de plagas y enfermedades.

· Se utilizan productos más selectivos y de baja toxicidad, respetando los organismos auxiliares, es decir, los enemigos naturales de las plagas.

· Se reduce el número de tratamientos que se aplican en cada campaña y el nivel de residuos en cosecha.

· Al disminuir el número de tratamientos, se reducen los costes de producción.

Como *inconvenientes* hay que citar:

· Exige una mayor dedicación por parte del agricultor y/o técnicos especialistas en la determinación de los niveles de plagas de cada parcela.

· El agricultor tiene que asumir un mayor grado de riesgo en sus decisiones.

4) Protección integrada

Consiste en la integración de las técnicas de lucha química y lucha biológica, así como de todos los posibles medios y técnicas adecuadas, haciendo especial incidencia en la acción limitante del propio medio ambiente. Este sistema completa la racionalización del control químico en las técnicas de lucha dirigida con métodos naturales que satisfagan a la vez exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas. Sus*ventajas* son las siguientes:

Utilización en los tratamientos de los productos menos agresivos para el medio ambiente.

Se produce una reducción del empleo de plaguicidas y de los niveles de residuos.

Hay una reducción de costes.

Como *inconvenientes* cabe citar:

Necesidad de que el agricultor tenga una importante preparación técnica.

Mayor dedicación en las observaciones periódicas para estimar los niveles de plaga.

· Existe un mayor riesgo en las decisiones.

Concepto de manejo integrado de plagas

El término "protección integrada" surge a finales de los años 50 y ha ido evolucionando a lo largo de los años. En un principio se definió como *un sistema de control de plagas aplicado combinando e integrando el control biológico y el químico; el control químico es utilizado por considerarse necesario, pero en una forma que resulta lo menos perjudicial para el control biológico*.

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

La definición que propone la **OILB** en **1977** es: *el procedimiento de lucha contra los organismos nocivos que utiliza un conjunto de métodos que satisfagan a la vez las exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas, dando prioridad a la utilización de factores y elementos naturales de limitación, respetando los umbrales de tolerancia*.

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

El manejo integrado de plagas implica, por tanto, la consideración simultánea de tres niveles del ecosistema agrícola: 1) el propio cultivo, 2) las plagas asociadas a ese cultivo, y 3) los

organismos antagonistas de las plagas, es decir, sus enemigos naturales, formados principalmente por lo que se llama la fauna útil o fauna auxiliar. A nivel práctico, se hace necesario para una correcta aplicación de este sistema, un mayor soporte técnico basado en estudios completos de los diferentes parámetros de la zona en cuestión o su adaptación a la misma.

Los fundamentos que definen la Protección Integrada son:

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

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

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

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

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

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

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

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

Las técnicas de muestreo son diversas, desde un conteo visual siguiendo determinado método operativo (órganos a examinar, nº, época, etc.) hasta métodos de captura con trampas sexuales, alimenticias, conteos de oviposición, etc., pasando por precisas observaciones meteorológicas diarias

EJEMPLO DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN MANZANO DESDE CAÍDA DE PÉTALOS HASTA FINALES DE ABRIL (Torà *et al.*, 1995)				
PLAGA	MUESTREO ESTADO	UMBRAL DE TOLERANCIA	MÉTODO DE CONTROL	MOMENTO DE CONTROL
Orugas mordedoras de la piel del fruto	Mirar corimbos durante 20 minutos, anotando si están atacados. *Larvas*	0,5% de corimbos atacados. Más del 1% de frutos atacados el año anterior.	Fenoxycarb	Cuando las larvas estén en el último estadio. Aproximadamente, a la caída de pétalos de la variedad Golden.
Carpocapsa	Trampas de feromonas. *Adultos*	3 adultos por trampas y semana	RCI ovicidas: fenoxycarb diflubenzurón triflumurón hexaflumurón teflubenzurón	En el momento de sobrepasar el umbral, si la temperatura crepuscular es superior a 15ºC.
Minadora circular	50 hojas, anotando las ocupadas por huevos. *Huevos*	10% de hojas ocupadas	RCI ovicidas: fenoxycarb diflubenzurón triflumurón hexaflumurón teflubenzurón	Al superar el umbral
Pulgón ceniciento	Frutos y brotes. *Ninfas y adultos*	Presencia	Etiofencarb	Al superar el umbral

Niveles económicos de decisión en manejo de plagas

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

1 son la clave en los programas de Manejo Integrado, ya que nos apoyamos en ellos para tomar decisiones;

2 nos indican la medida a tomar en cualquier situación;

3 ayudan a aumentar el beneficio y conservar el medio ambiente;

4 nos expresan la densidad de plaga, es decir, el nº de insectos / unidad de muestra (planta, hoja, racimo, etc.); y

5 por tanto, tienen atributos biológicos y económicos.

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

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

1 Daño económico (cantidad de lesiones que justifica el coste del tratamiento)

2 Nivel económico de daños (mínima densidad de población que puede causar daño económico).

3 Umbral económico (nivel a partir del cual deben tomarse medidas para impedir que la población de plaga alcance el nivel económico de daños).

Daño económico

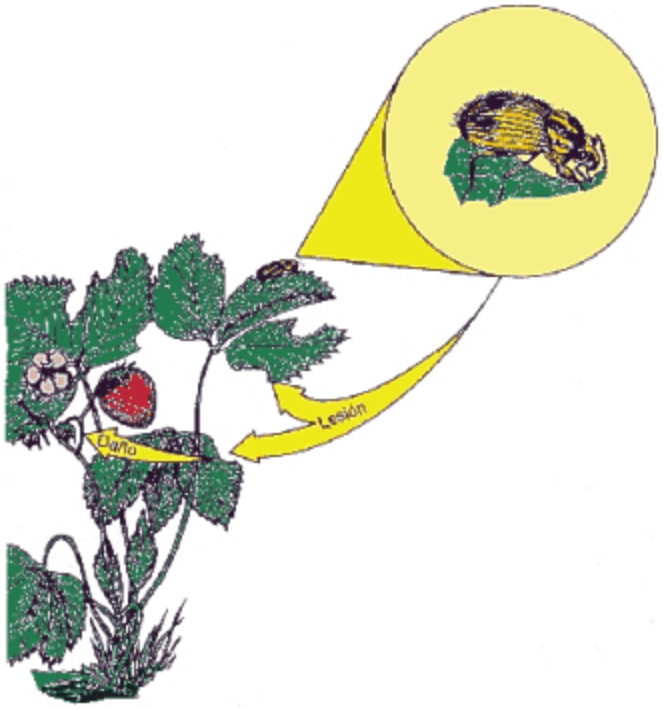


Figura 1. Diferencias entre lesión y daño producido por las plagas sobre las plantas. Adaptado de Pedigo (1996)

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

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

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

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

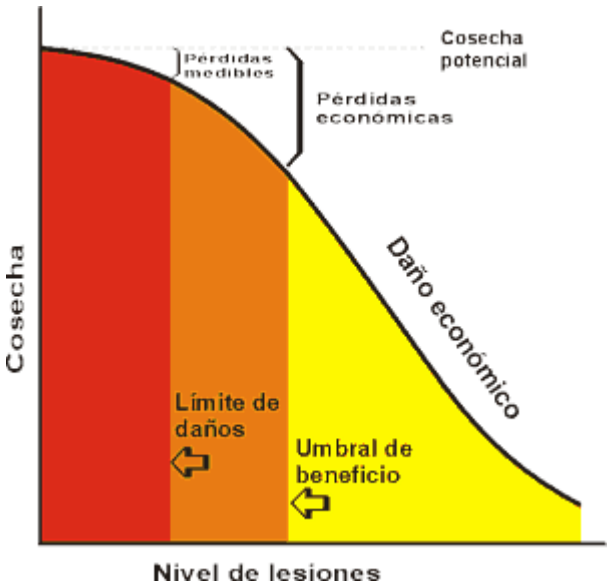


Figura 2. Relación entre límite de daños y umbral de beneficio. Adaptado de Pedigo (1996)

Nivel económico de daños (*NED*)

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

$$V \times I \times P \times D = C$$

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

***I*:** unidades de daño físico por insecto y unidad de producción (p.e., %

defoliación/insecto/ha)

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

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

defoliación)

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

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

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

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

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

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

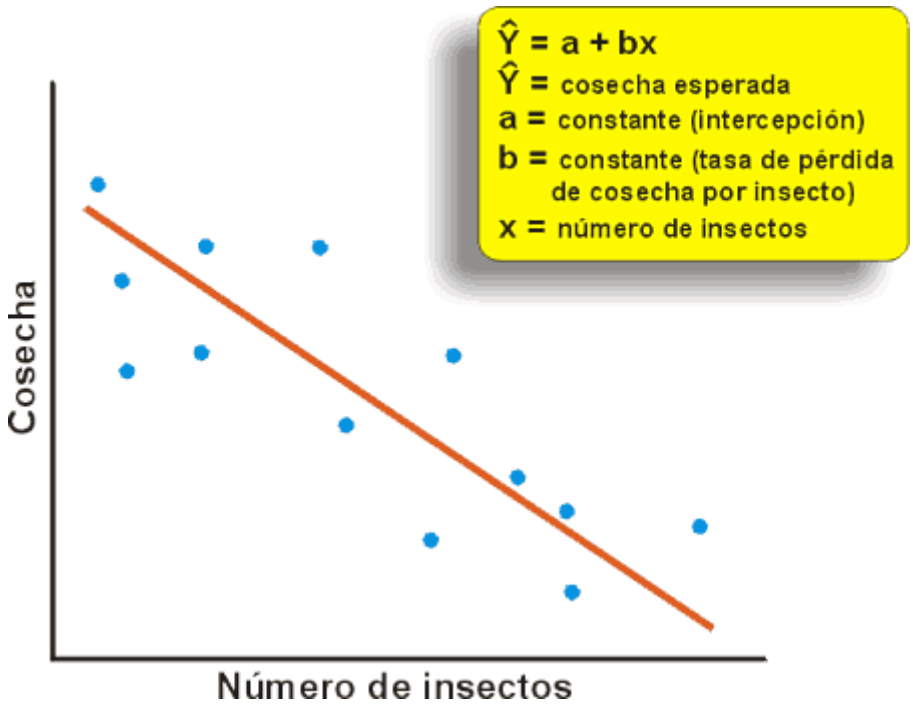


Figura 3. Regresión lineal utilizada para obtener la pérdida de cosecha producida por un sólo insecto (b). Adaptado de Pedigo (1996)

$$Y = a + bx$$

***Y*:** producción / ha

a: constante (intersección con el eje y)

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

***x*:** número de insectos / ha

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

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

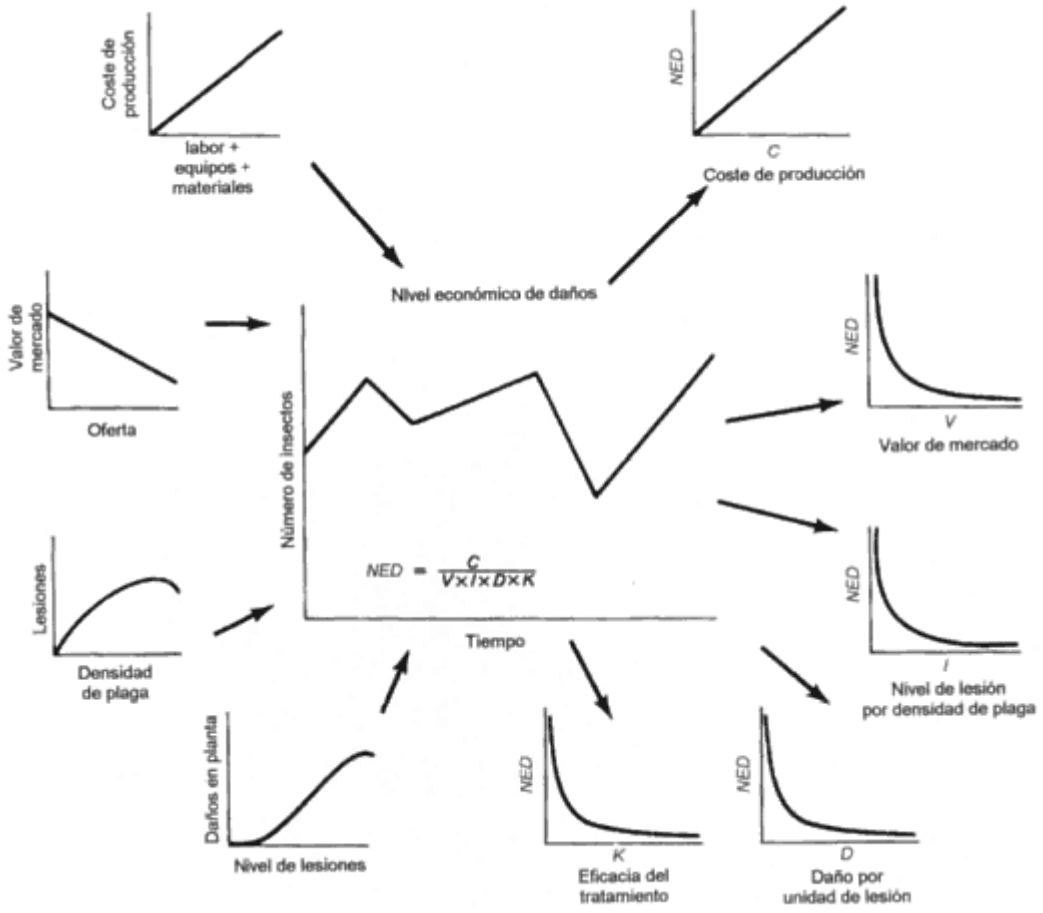


Figura 4. Relación entre los componentes del nivel económico de daños y sus variables. Adaptado de Pedigo (1996)

Umbral económico o umbral de tratamiento (*UT*)

Se define como la densidad de población de plaga a la que debe aplicarse el tratamiento para evitar que la población aumente hasta alcanzar el *NED*. Por lo tanto el *UT* suele ser menor que el *NED* (a veces es igual) para permitir que las medidas de control hagan efecto antes de que se alcance el nivel de daño. Suele ser un porcentaje del *NED*. Puede ser determinado a partir del conocimiento del *NED* y de la dinámica de poblaciones. Puede variar mucho según el cultivo, la época del año, la zona y el valor de la cosecha. Es el nivel práctico que debe utilizarse para tomar decisiones, es decir, tratar o no tratar (fig. 5).

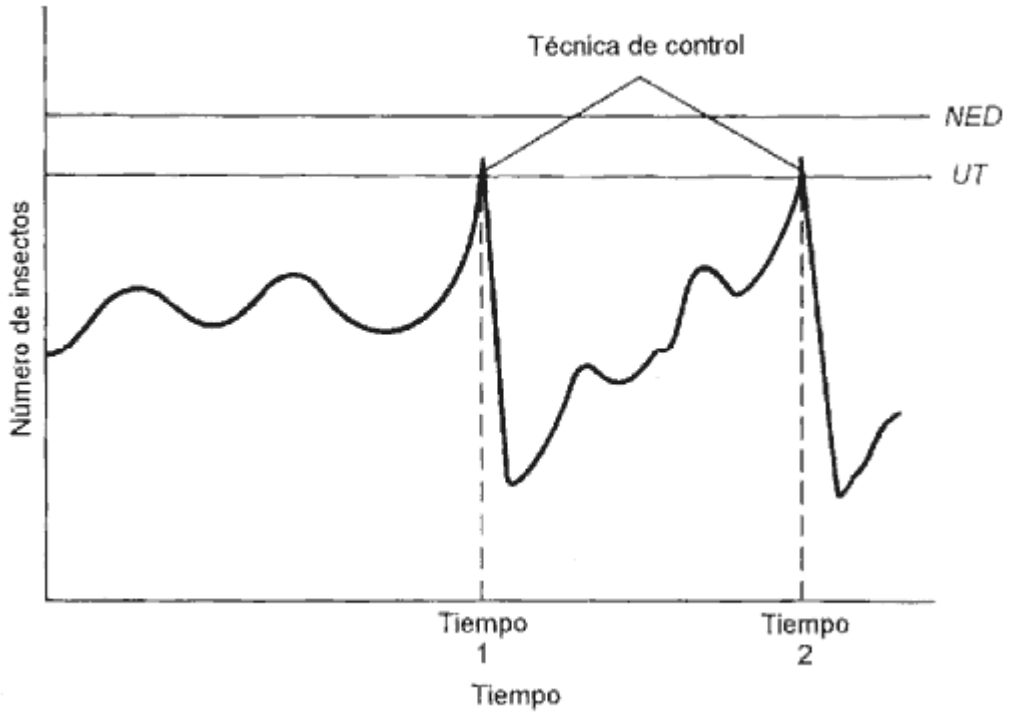


Figura 5. Relación entre el umbral de tratamiento (UT) y el nivel económico de daños (NED). Cuando la densidad de plaga alcanza en umbral de tratamiento (UT) se aplica una técnica de control. Adaptado de Pedigo (1996).

Estrategias y tácticas en manejo integrado

Se entiende por estrategia la elaboración de un plan para controlar la plaga. La importancia de la plaga viene determinada por las características propias del insecto y por el cultivo. La estrategia puede consistir, por tanto, en introducir modificaciones sobre el insecto, sobre el cultivo o sobre ambos. Los tipos de estrategias pueden ser los siguientes:

1 No tomar medidas (no hacer nada).

2 Reducir la densidad poblacional del fitófago.

3 Reducir la susceptibilidad de la planta.

4 Combinar las dos anteriores.

Por su parte, los métodos utilizados para hacer efectiva la estrategia se llaman tácticas.

1) No tomar medidas (no hacer nada)

No se tomará ninguna medida de control cuando la densidad poblacional del fitófago está por debajo del *NED*. Este caso suele ocurrir con fitófagos que originan daños indirectos, es decir, que no atacan directamente al órgano cosechable. Para tomar esta decisión, es necesario realizar un muestreo riguroso que nos asegure que lo más apropiado es no tomar medidas.

2) Reducir la densidad poblacional del insecto

Es la estrategia más frecuente en control de plagas. Se utiliza como medida curativa, cuando la población del insecto alcanza el *NED*, o como medida preventiva. En especies que poseen una posición general de equilibrio (*PGE*) baja en comparación con el *NED* la mejor estrategia es reducir los picos poblacionales. Esta acción prevé el daño, pero no cambia la *PGE* (fig. 6). En especies con la *PGE* próxima o superior al *NED* la mejor estrategia es:

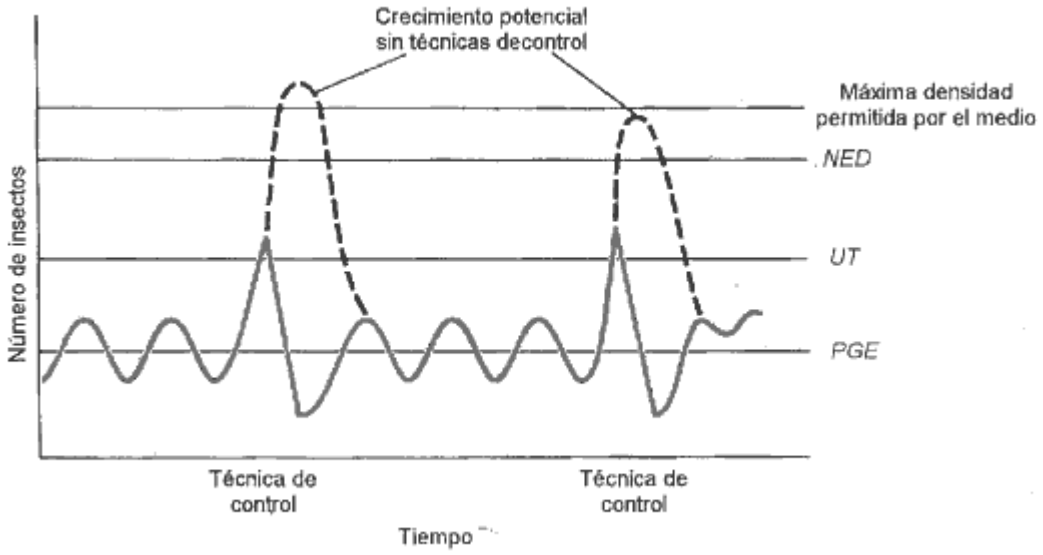


Figura 6. Estrategia de control consistente en reducir los máximos poblacionales de la plaga, que se utiliza cuando posee una posición general de equilibrio (PGE) baja en relación con el nivel económico de daños (NED). Adaptado de Pedigo (1996).

1 Bajar el valor de la *PGE*. Esto se puede hacer reduciendo la capacidad del medio para soportar la población, lo que se consigue reduciendo los hábitats favorables del medio, por ejemplo con la rotación de cultivos (fig. 7)

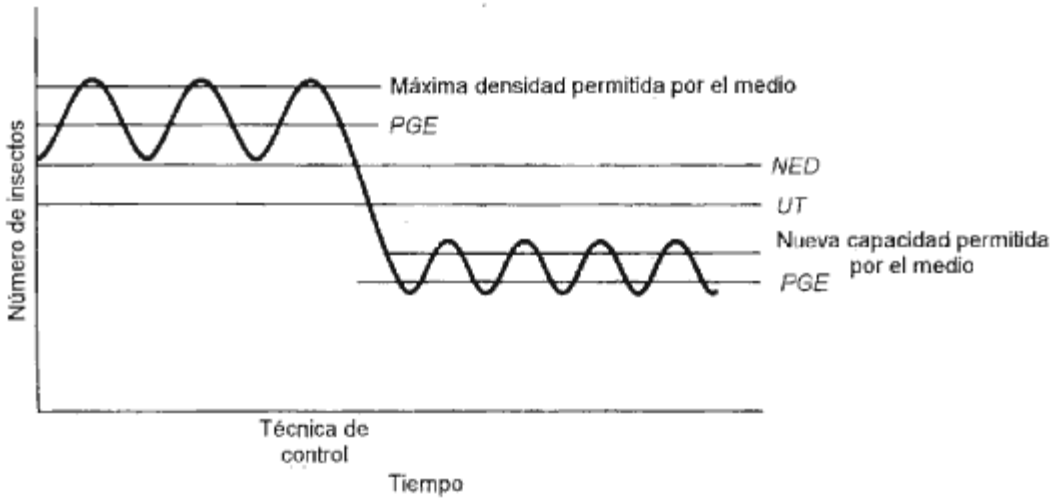


Figura 7. Estrategia de control consistente en reducir la posición general de equilibrio (PGE) disminuyendo la capacidad del medio. Adaptado de Pedigo (1996).

2 Otra alternativa consiste en reducir el potencial biótico de la población (capacidad de multiplicación o supervivencia), por ejemplo con la lucha autocida (suelta de individuos estériles) o la confusión sexual (impidiendo el encuentro entre sexos) (fig. 8).

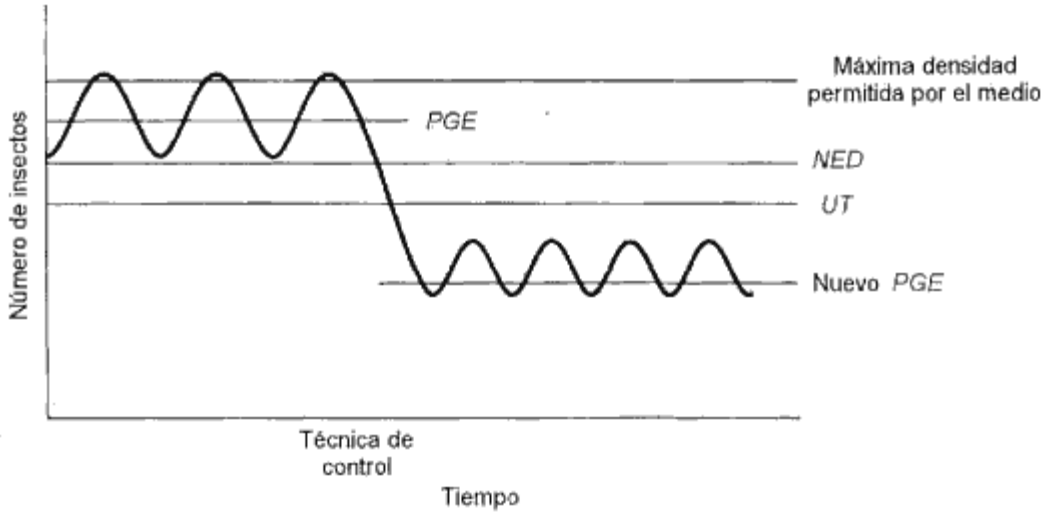


Figura 8. Estrategia de control consistente en reducir la posición general de equilibrio (PGE) disminuyendo el potencial biótico de la población plaga. Adaptado de Pedigo (1996).

Las tácticas utilizadas en la estrategia de reducción de la densidad poblacional son numerosas y variadas: enemigos naturales, insecticidas, cultivares resistentes, modificaciones del medio, productos reguladores del crecimiento de los insectos, productos inhibidores del crecimiento de los insectos, métodos autocidas, feromonas, etc.

3) Reducir la susceptibilidad del cultivo al daño físico

Es una estrategia efectiva y deseable para conservar el medio. Para su aplicación es preciso introducir cambios en la planta hospedadora, pero no en el fitófago: utilización de variedades tolerantes o resistente, mejora del vigor de la planta, cambios en la fecha de siembra o plantación, variedades transgénicas, etc.

4) Combinación de estrategias

El combinar las estrategias anteriores es la acción más conveniente, siempre que sea posible. Es un principio básico para el desarrollo del Manejo Integrado.

Causas que limitan la adopción de programas de manejo integrado

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

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

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

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

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

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

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

MÉTODOS DE CAPTURA

Redes: muy útiles para capturar insectos voladores. Debe ser de color pardo a oscuro ya que los colores muy claros ahuyentan a los insectos. El modo de acción es el llamado de ¨arrastre al aire¨. Consiste en realizar con la red un movimiento de vaivén por encima de flores o matorrales. Los insectos se asustan y vuelan desordenadamente cayendo muchos en la red.

Cuando se atrapa el ejemplar, se dan dos o tres movimientos bruscos de ida y vuelta para que los insectos caigan al fondo, la que se cierra inmediatamente estrangulándola con la mano. De este modo queda una bolsita en la punta que se puede introducir por un instante

en el frasco con veneno con el fin de atontar a los insectos, luego se la retira y se vuelca el contenido en el frasco.

Frascos: de todo tamaño, pueden ser de vidrio o plástico, lo ideal es que sean transparentes para verificar la presencia del insecto en su interior o ver que el veneno haga efecto en caso de usar el frasco como cámara letal. Hay que tener en cuenta que para el transporte y manipulación, el vidrio tiene los problemas de mayor peso y facilidad de rotura. Se pueden utilizar frascos de dulces, mayonesa, conservas, etc; se quitará su etiqueta o propaganda para facilitar la visión hacia su interior. El frasco se puede utilizar para atrapar a aquellos insectos para los que la red no es necesaria, es decir los que no son tan escurridizos. Un modo de usarlo es acercando la boca del frasco (con una mano) al insecto que se encuentra posado sobre algún objeto y con la tapa se lo obliga a ingresar, cerrando la tapa inmediatamente. Luego se introduce algún producto que lo atonte o lo mate, cuidando de que no se escape durante esta operación.

Aspirador de boca: elemento muy útil para la captura de insectos pequeños y frágiles. Además sirve para atrapar insectos que se encuentran en lugares desde donde es difícil extraerlos por otros medios como grietas en la corteza de árboles, en lo profundo de una flor o como complemento para sacar pequeños insectos que quedan en el fondo de una red. Consiste simplemente de un frasco plástico de 6 a 8 cm. de diámetro con tapa a rosca o a presión, a la que se le practican dos agujeros por donde pasarán dos tubos de goma (manguerita). En uno de los agujeros se coloca una manguera corta de 20 cm. , mientras que el otro lleva un trozo de 40cm. de longitud y es el que se lleva a la boca. La manguera tendrá un diámetro interno de 5-6 mm. e irá cubierta con tul o algún tipo de malla (como filtro) en el extremo interno del trozo de mayor longitud. Esto es a los fines de que los insectos que ya se encuentran en el interior del frasco no sean aspirados por el captor. Su uso consiste en acercar el tubo de menor longitud al insecto y aspirar con fuerza por el otro extremo, se crea así un vacío parcial dentro del frasco y el ejemplar es succionado al interior del frasco.

Insectos que son atraídos por la luz; en las noches calurosas debajo de lámparas en las plazas o en la casa, se puede recolectar una gran cantidad de insectos. En el patio de la casa se puede construir sencillamente una trampa de luz. Se coloca una sábana o paño grande de color blanco colgado de una soga con un foco alumbrándolo directamente; cuidar de que no tenga contacto directo con el paño o lo quemará.

Trampa de foso o de caída con cebo:

Consiste básicamente de un recipiente abierto que se coloca enterrado con su abertura a ras del suelo. Colgando o de alguna otra forma colocado sobre el recipiente se sitúa el cebo que

puede consistir de excremento o carne descompuesta (Newton y Peck, 1975). Los excrementos que se utilizan pueden ser de origen humano o provenientes de otros mamíferos, sin embargo los de mamíferos no carnívoros aparentemente dan mejor resultado. El hígado de res o de pollo, o el pescado o los calamares descompuestos son muy utilizados. Cuando se emplean excrementos, estos se colocan en un recipiente abierto o envueltos en un trozo de tela poco densa como la usada para colar quesos o gasa para hacer vendajes, de

tal forma que el olor salga fácilmente y sea acarreado o dispersado aún por el viento leve. Cuando se usa carroña es recomendable colocarla en un recipiente con agujeros por donde salga el olor, y a su vez toda la trampa debe ser protegida, sea con una malla metálica fuerte con agujeros suficientemente grandes como para que los escarabajos más grandes puedan pasar, o con ramas, piedras o troncos de árbol, para evitar que algunos animales grandes destrocen la trampa en busca del cebo.

CLAVES DE DETERMINACIÓN

La subdisciplina de la determinación, también llamada identificación de especímenes, es el proceso de asociar un especímen a un taxón conocido (determinarlo, identificarlo) o reconocer que es nuevo para la ciencia y necesita una descripción formal y un nombre . Esta subdisciplina también se ocupa de la construcción de las herramientas necesarias para la identificación formal de los especímenes, como las claves.

Hay varias razones por las que se puede necesitar una identificación. Muchos trabajos de investigación realizados por biólogos implican un conteo de la biodiversidad de cierto lugar. Esto sucede por ejemplo, en investigaciones relacionadas con la conservación de cierta área, o en las relacionadas con las invasiones biológicas y su impacto en el ecosistema, o en los cambios en patrones de sucesión debido a otras causas. Algunos análisis requieren que los especímenes en los que se basan estén bien documentados en especial en lo que respecta al lugar del que provienen (ubicación y población específica de la que son extraídos, más allá del resultado de la identificación), que estén bien mantenidos en el tiempo y que sean accesibles de forma de poder reevaluarlos o verificar su identidad si es necesario.

Las colecciones sobre las que se basan estos análisis se llaman "vouchers" (si son plantas, se encuentran por ejemplo en un herbario o un museo), su correcta identificación y almacenamiento puede ser la tarea de algunos taxónomos dedicados. Sobre estos especímenes se hacen los análisis de ADN que derivan en hipótesis de filogenias que pueden llevar al descubrimiento de nuevas especies, a redelimitar las ya existentes, o al descubrimiento de diferentes relaciones, de forma que no es raro que los especímenes se reclasifiquen si están lo suficientemente bien documentados, es fundamental que los análisis de ADN se hagan sobre "especímenes voucher" para que puedan ser repetidos o para que se asignen siempre al mismo clado cuando se hacen análisis diferentes[5] Estos especímenes son un documento de la presencia de esas especies en el área y la población en que fueron encontradas, algunos de ellos serán designados como el "tipo" de un nombre de especie, cuando se encuentra una especie nueva o se pierde el tipo de una existente (Judd *et al.* 2007 p.553, Simpson 2005 p.517).

También se necesitan especímenes "voucher" cuando se hacen otras investigaciones sobre sus caracteres, como cuando se obtiene un extracto químico para analizar aspectos de la química de la especie que no hayan sido estudiados. Otro caso en el que se necesita una correcta (y rápida) identificación es cuando se sospecha que una enfermedad o muerte en humanos, animales o plantas es causada por un ser vivo, como cuando una planta está sospechada de causar muertes en el ganado o las personas que la consumen,[6] o cuando un ser vivo infecta a un humano,[2] la correcta identificación en estos casos abre la llave hacia la literatura que indica formas de control y tratamiento.

Los servicios relacionados con la salud pública,[7] como los fabricantes de pesticidas y herbicidas[1]pueden requerir un monitoreo de los insectos o plantas dañinos en cada zona, los últimos pueden necesitarlos documentados en forma de colecciones de todos sus estadios. En el campo de la biología forense la identificación de especímenes puede aclarar asuntos legales, como cuando se comercializan especies protegidas,[8] o cuando se identifican las especies ligadas a una muerte dudosa.

Las mariquitas o vaquitas de San Antonio se pueden identificar a simple vista como coleópteros.

La luciérnaga o bichito de luz, un coleóptero.

Aunque posean un carácter prominente igual pueden ser identificados como coleópteros.

Un escarabajo acuático también puede reconocerse como coleóptero.

Generalmente para identificar formalmente al especímen primero se lo describe, y luego se comparan los datos con los de taxones conocidos para ver si coinciden.

La descripción de un espécimen puede hacerse de varias formas. El consultante necesita registrar la información acerca de ese espécimen para identificarlo, pero quizás no quiera dañarlo porque puede ser raro o estar en peligro de extinción, o quizás sea un animal grande que no puede ser colectado, en este caso debe tomar notas cuidadosas y fotografías para documentar su apariencia. Si las circunstancias lo permiten, se puede colectar un solo espécimen, con cuidado de no dañar ninguno de sus caracteres. Por ejemplo si es una hierba se puede colectar y luego presionarla entre papeles de diario hasta que se seque, si es un artrópodo se lo puede capturar y guardar en un frasco con alcohol y agua 70:30. Al colectar

el espécimen hay que tener en cuenta que hay datos que se perderán al llegar al lugar de identificación y que hay que anotar en el momento, como la localidad (y si se puede obtener, la latitud, longitud y elevación), la fecha en que fue colectado, el hábitat en que el espécimen fue encontrado y si estaba asociado a alguna otra especie, su abundancia en esa localidad a simple vista, y cualquier información sobre el estado del espécimen que el colector piense que pueda no ser evidente una vez llegue a su lugar de identificación, como el color de sus órganos (que muchas veces puede cambiar debido a la preservación), la fragancia, si exuda alguna secreción, etcétera. El colector debe recordar que debe evitar términos imprecisos (como cerca, lejos, pequeño, grande) sino que debe hacer las mediciones o estimar un rango. Si se colecta más de un espécimen de especies diferentes, el colector debe etiquetarlos con lápiz y hacer una ficha de colección para cada ejemplar.

La mejor forma y la más rápida de identificar un espécimen es consultar a un **experto**, un profesional o un naturalista bien entrenado al que le sean familiares la flora o la fauna de esa región. Si el experto está familiarizado con las últimas publicaciones científicas sobre la materia, su determinación será muchas veces más exacta y actualizada que la que se encuentre en una flora o una fauna. Una segunda opción es utilizar una **guía de campo**, una guía con fotografías e ilustraciones sobre las especies del área, que se puede llevar al campo al lugar de identificación y no requiere de técnicas de laboratorio como el uso de un microscopio, si bien sí suele requerir del uso de una lupa de mano y del sentido del gusto, del olfato y del tacto.

Si bien estas guías ya son muy populares en Estados Unidos, poseen el problema de que muchas veces sólo consideran a las especies abundantes y vistosas. Si se está dispuesto a considerar caracteres más complejos de obtener, se puede consultar la **literatura científica** disponible sobre las especies de la región, para la mayoría de las regiones templadas hay literatura que describe la flora o la fauna y provee guías para identificarla, algunos de ellos tratan sólo de alguna porción de plantas o de animales, y muchos están en proceso de computarización para que sean accesibles por computadora o a través de internet.

Una cuarta cosa que se puede hacer es visitar algún sitio con una **colección** de especímenes identificados, en el caso de las plantas por ejemplo, se puede visitar un herbario, que suele ser un componente de las universidades o las instituciones dedicadas a la botánica, allí se pueden comparar los caracteres de los especímenes para ver si coinciden con los datos, con las fotografías, o con el espécimen que uno tiene.

3. Fauna Cadavérica

CONCEPTO

Cesadas las funciones orgánicas y muerto el cuerpo, empieza la rápida descomposición post mortem

La fauna cadavérica es el conjunto de insectos, parásitos, bichos y microorganismos que se alimentan de los cadáveres, consumiéndolos hasta los huesos, sin embargo, esto puede variar dependiendo de muchos factores.

Por ejemplo, los cadáveres se descomponen más rápido en un clima húmedo que en un clima seco. El tipo de suelo también puede influir, así como el tratamiento que se dé al cadáver, o incluso las causas de fallecimiento pueden influir en el trabajo de la fauna cadavérica.

Las moscas, los escarabajos, las avispas, las hormigas y las polillas son los insectos que más frecuentemente se alimentan de cadáveres. Su análisis corresponde a las ciencias médicas, forenses y criminalísticas.

ORDENES DE INTERÉS EN ENTOMOLOGÍA FORENSE

El orden Diptera, está dividido en dos sub-órdenes por la mayoría de los autores; Nematocera y Brachycera.

Los Nematocera están representados por los mosquitos, y otros dípteros con antenas largas. Los Brachycera incluyen, múscidos, califóridos, sarcofágidos y otros dípteros de antenas cortas.

Los Brachycera a su vez están divididos en varios infra-órdenes. Asilomorpha, Muscomorpha, Stratiomyomorpha, Tabanomorpha, Vermileonomorpha y Xylophagomorpha. La subsección Calyptratae del infra-orden Muscomorpha es la mejor representada en cuanto a fauna sarcosaprófaga se refiere.

Las familias Calliphoridae, Muscidae y Sarcophoagidae son las más comunes en la descomposición de un cadáver, tanto en etapa larval como en adulta, siendo así las familias más útiles en la evidencia forense.

Hay muchas otras familias asociadas a la descomposición o a remanentes de ésta, y la importancia que tienen para determinar el intervalo postmortem varía de un caso a otro; algunas de estas familias son Fannidae, Phoridae, Sepsidae, Piophilidae, Scatophoagidae, Anthomyidae y Stratiomyidae.

Dentro de esta familia se encuentran los géneros *Lucilia*, *Calliphora*,*Cochliomyia* y *Chrysomya* que son de los más importantes en entomología forense. Son moscas más o menos robustas de tamaño mediano; miden de 4 a 16 mm. La mayoría de las especies tienen colores metálicos brillantes (azul, verde, bronce y negro), algunos géneros, sin embargo, pueden tener color mate u opaco (*Pollenia*,*Opsodexia*). Esta familia suele confundirse con algunos múscidos de color brillante o con taquinidos de colores metálicos; los califóridos no metálicos a su vez se pueden confundir con algunos múscidos, sarcofágidos o taquinidos.

La mayoría de especies de esta familia son ovíparas. Ovipositan sobre materia orgánica en descomposición, como carne, pescado, animales en descomposición; algunas son atraídos por excremento lo cual los hace vectores de patógenos; otras incluso ovipositan sobre animales vivos que como *Cochliomyia ominivorax* y *Lucilia cuprina*, lo que da como resultado miasis. Las moscas de esta familia se encuentran entre los primeros insectos que localizan y colonizan restos humanos. En diversos estudios, se ha registrado el arribo de éstos a tan solo minutos de haber sido expuestos restos a la colonización de insectos. El ovipositor telescópico de las hembras les facilita colocar sus huevos en diversas zonas del cuerpo de un cadáver, principalmente en orificios naturales como la nariz, boca y pabellón auricular. Las larvas de especies como *L. sericata, L. eximia, Cochliomyia macellaria. Chrysomya rufifacies, C. albiceps, Calliphora vicinia* son las más abundantes en los primeros estados de descomposición de un cadáver.

Moscas robustas, en su mayoría de color gris y sin brillo. De 2.5 a 18 mm de largo. El género *Sarcophaga* es el mejor representado en cuanto a fauna cadavérica se refiere.

Todos los sarcofágidos retiene a sus huevos en el útero y deposita larvas de primer instar donde se alimentara el resto de su ciclo.

Las larvas de los sarcofágidos poseen una gran diversidad de hábitos alimenticios a diferencia de otros calyptrados.

Muchos son parásitos de otros artrópodos, mientras que otros son coprófagos, necrófagos, predadores, o sarcosaprófagos, incluso algunas larvas son acuáticas como las del género *Fletcherimyia*.

De manera general, los adultos de esta familia llegan al cadáver después de los califóridos. Se sabe que pueden volar en condiciones ambientales adversas, lo que les da ventaja cuando de arribar a un cadáver se trata.

Moscas delgadas o robustas, usualmente con sedas fuertes, de colores apagados, negro, blanco, gris, ocasionalmente azul o verde metálico; alas usualmente sin manchas. Miden de 2 a 14 mm.

Un gran número de especies de múscidos son consideradas plagas de importancia tanto en humanos como en granjas. La mosca domestica es considerada como una de las principales diseminadoras de enfermedades que afectan al ser humano como la tifoidea, ántrax y disentería. Los hábitos alimenticios son variados, material vegetal en descomposición, polen, estiércol, excremento, y hasta sangre. Los múscidos son considerados de importancia forense por su relación estrecha a hábitats urbanos; se dice que arriban al cuerpo después de califóridos y sarcofágidos. Las larvas se alimentan directamente de restos, algunas especies pueden ser predadoras huevo y otras larvas, en muchos casos, esta característica suele afectar la composición faunística de la entomofauna cadavérica. Los géneros *Hydrotaea*, Musca y *Synthesiomyia* son los mejor representados en casos forenses.

Se trata de una familia muy pequeña, compuesta por cuatro géneros y 112 especies, la mayoría dentro del género *Fannia*. Ésta comparte muchas características con la familia Muscidae, de hecho, este grupo ha fue considerado por mucho tiempo, como una subfamilia de dicho familia. Estas moscas, a simple vista, lucen como una mosca domestica. Los adultos miden de 6 a 7 mm, de tonos oscuros a pardos, abdomen de aspecto cenizo color plata o gris.

Las especies de esta familia son más abundantes en épocas calurosas; se ha reportado que el género *Fannia* está involucrado en casos de miasis. Se alimenta principalmente de excremento, material vegetal en descomposición (como frutas), productos lácteos, y material saturado con urea. Las larvas se desarrollan bien sobre material en descomposición con abundante líquido, éstas están adaptadas para flotar debido a la forma de su cuerpo. Si el ambiente es pobre en líquidos, las larvas tienen poca movilidad. En determinadas épocas del año, los adultos suelen ser una molestia dentro de los hogares ya que suelen formar grande grupos.

Este grupo fue considerado por un tiempo como parte de la familia Sepsidae y suelen confundirse por su aspecto similar. Está representada por 69 especies, y se encuentra distribuida ampliamente, sobre todo en regiones templadas.

Las larvas de esta especie poseen la habilidad de "saltar", lo que les ha dado el nombre de moscas saltarinas. Las hembras suelen ovipositar sobre queso o embutidos, lo que suele provocar miasis intestinal en humanos. Se pueden encontrar en una gran variedad de hábitats como desperdicios orgánicos, huesos, piel, y en animales en descomposición y en general, se asocian a comida rica en proteínas.*Piohila casei* es la especie que se reporta en la mayoría de casos forenses, la cual está asociada con las últimas etapas de descomposición.

Conocidas comúnmente como moscas del estiércol, delgadas, con sedas fuertes o débiles en ocasiones muy densas. Usualmente de color negro, gris, café, amarillo, pocas veces con dos colores; en ocasiones brillantes. Alas transparentes, ocasionalmente con manchas transversales.

Las larvas tienen diversos hábitos alimenticios, pueden ser, saprófagos, coprófagos, fitófagos, o predadores. Muchas especies se alimentan de monocotiledoneas. Las larvas del género *Scatophaga* se alimentan de estiércol, y pueden ser encontradas en cadáveres cuando hay excremento o viseras expuestas.

Moscas pequeñas, no mayores a 3. 5 mm de longitud; generalmente de color negro brillante, purpura, o rojas. Mundialmente distribuida y representada por al menos 240 especies.

Estas moscas son atraídas principalmente por materia orgánica en descomposición, excremento y animales en descomposición. Los adultos suelen encontrarse cerca de masa larvales; éstos suelen confundirse con hormigas por la apariencia que les da su abdomen constreñido; poseen una forma particular de sacudir las alas cuando esta posadas. El género Sepsis está ampliamente distribuido, y es el más reportado en casos forenses, generalmente asociado a restos en avanzado estado de descomposición.

Esta familia está ampliamente relacionada con Muscidae y Scathophagidae; son moscas pequeñas o moderadamente largas, de aspecto semejante los múscidos. De 2 a 12 mm de largo, usualmente de tonos cenizos, amarillo, café, gris o negro, pero no metálico, raramente moteados.

Las especies de esta familia son consideradas principalmente de importancia agrícola; son fitófagas, saprófagas, incluso tiene hábitos parasitarios; algunas especies son coprófagas, de ahí que se les asocie a animales en descomposición, ya que como los Scatofagidos, suelen estar presente cuando en el cadáver hay excremento o viseras expuestas.

Familia está representada por más de 2500 especies en todo el mundo; casi la mitad de las especies pertenecen al género Megaselia. Son moscas pequeñas, de aproximadamente 1.5 a 6 mm de largo; de colores oscuros, algunos con tonos amarillos.

Familia con hábitos alimentarios variados, las larvas se pueden encontrar en materia orgánica en descomposición, plantas, hongos, animales; otras son parasitas de otros invertebrados. Los adultos tienen una forma muy característica de caminar, éstos lo hacen de forma errada. La pupa se reconoce fácilmente por estar aplanada y tener un par de proyecciones anteriores. *Megaselia scalaris* ha sido reportada como causante de miasis, y en casos forenses, aparece hacia el estado de descomposición avanzada.

Esta familia abarca más de 250 especies. Miden de 5 a 20 mm; los adultos son de colores variados, azul metálico, verdes o negras; aunque la forma también es variada, de ancha a aplanada, frecuentemente son confundidos con avispas por su parecido a estas.

Las larvas pueden ser acuáticas o terrestres; las terrestres generalmente se desarrollan dentro de materia en descomposición como plantas o animales; en algunos casos pueden ser predadoras. Madera podría, pilas de composta y excremento suelen su hábitat típico. Las larvas también se pueden alimentar de fruta, lo que suele provocar miasis intestinal si se ingiere fruta infestada. La especie*Hermetia illucens*, de origen Neotropical, cuando es asociada a cadáveres, arriba a éste, por lo general, en estados de descomposición avanzados.

LA ENTOMOFAUNA DE CADÁVERES

Sustancias atrayentes

Toda vez que un cuerpo cesa sus procesos vitales, comienza su descomposición, iniciando desde la base misma de su estructura, las células. La muerte de éstas se da paulatinamente hasta la descomposición total del cuerpo. La producción de sustancias volátiles comienza en el proceso de autolisis en un medio prácticamente anaerobio, lo que favorece un rápido crecimiento en la fauna bacterial del sistema digestivo (e. g. *Bacteroides*spp, *Lactobacillus*, *Clostridia*, *Streptococco*, *Coliformes*, *Proteus*, *Pseudomonas*, etc.)

La mayoría de éstos organismos actúan de manera casi inmediata degradando carbohidratos, proteínas y lípidos produciendo ácidos, gases, y otros productos que son la bases de los cambios de color, olor y consistencia en un cadáver y que son los primeros signos evidentes en un cadáver, conocido como putrefacción.

De los productos de la fermentación, los mas destacados son los gases de metano, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, y dióxido de carbono. La flora entérica produce una gran variedad de ácidos orgánicos, en particular el láctico, acético, propiónico y el ácido acetoácetico. En conjunto estos son los responsables de crear un ambiente ácido en el cuerpo en descomposición. Otros productos de importancia forense son los que resultan de la fermentación de alcoholes (etanol, butanol) y la acetona. Durante la descomposición, también destaca la desnaturalización de proteínas por la acción de exoenzimas que producen las bacterias, este proceso se da a nivel del citoplasma bacterial. Durante este proceso de descarboxilación se produce sulfuro de hidrogeno, putrescina y cadaverina; lo que le da el olor característico a un cadáver.

Entomofauna

La entomofauna cadavérica se refiere a aquellos insectos que se suceden con regularidad cronológica en un cadáver, desde el momento en que se produce la muerte hasta la destrucción completa de las partes blandas. Los episodios entomológicos *postmortem*, en el mejor de los casos y de modo resumido, inician con los dípteros, a continuación suelen aparecen los coleópteros y durante un tiempo convivirán en nichos diferentes coleópteros y dípteros, por ultimo convivirán, también en nichos diferentes, coleópteros, ácaros y lepidópteros. Pero la propia secuencia de colonización y las especies implicadas variarán en función de múltiples parámetros, entre los que destacan la región biogeográfica, la época del año y las características ambientales particulares del hábitat en que se encuentre el cadáver.

Las primeras oleadas de insectos llegan al cuerpo atraídas por el olor de los gases desprendidos en el proceso de la degradación; los artrópodos sarcosaprofagos, comunidad instalada sobre el cadáver, pueden clasificarse en:

• ***Especies necrófagas:*** Se alimentan del cuerpo. Incluye a dípteros (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Piophilidae, Phoridae, entre otras) y coleópteros (Silphidae, Dermestidae, Trogidae y Nitidulidae).

Lucilia eximia y un Sarcofágido

Piophila casei y *Thanatophilus truncatus*

• ***Especies predadoras y parásitas:*** Incluye coleópteros como Silphidae, Staphylinidae e Histeridae, e himenópteros parásitos como Ichneumonidae y Encyrtidae, de larvas y pupas de dípteros.

Parasitoide de la familia Ichneumonidae e histérido

• ***Especies omnívoras:*** Avispas, hormigas y otros coleópteros que se alimentan tanto del cuerpo como de los artrópodos asociados.

Colectando hormigas depredadoras de larvas

• ***Especies incidentales:*** Utilizan el cuerpo como una extensión de su hábitat normal (arañas, ciempiés, ácaros que se alimentan del moho y los hongos que crecen en el cuerpo).

INSECTOS NECRÓFAGOS Y NECRÓFILOS

Son momentos claves los procesos de putrefacción cadavérica, ya que, por sus diversos olores, atraen a una variedad de insectos (dípteros, coleópteros, lepidópteros y algunos ácaros), fenómeno que indica el tipo de sustancia que prefieren los insectos como alimento; clasificándose en:

Especies necrófagas

Son los insectos que se alimentan del cuerpo. Incluyen dípteros (Familia Calliphoridae y Sarcophagidae) y coleópteros como los pertenecientes a las familias Silphidae y Dermestidae las larvas de estas familias son de mucha importancia debido a que son están quienes consumen los tejidos del cuerpo para su alimentación (Fig. 2). Estos insectos son de mucha relevancia para datar el intervalo postmortem mínimo, los cuales a su vez se clasifican en oleadas o escuadrones de sucesión, asociados a esos periodos de descomposición progresiva del cuerpo.

Especies necrófilos (depredadoras y parásitos)

Son un grupo de insectos que no tienen una relación directa con el cuerpo, sin embargo son parásitos o depredadores de las larvas y pupas de las especies necrófagas; tenemos coleópteros de la familia Silphidae, Staphylinidae e Histeridae; dípteros de la familia Calliphoridae y Stratiomyidae, incluye también himenópteros.

Especies omnívoras:

Insectos que se alimentan del cuerpo, así como de los otros artrópodos asociados, se incluyen avispas, hormigas y coleópteros. Se conoce que estas especies omnívoras pueden provocar retraso en la tasa de descomposición del cuerpo, ya que disminuye la población de necrófagos.

Especies accidentales

S on artrópodos que hacen uso del cuerpo como una extensión de su hábitat normal, entre estos tenemos colémbolos, arañas, ciempiés, ácaros entre otros, que pueden alimentarse de hongos y mohos que crecen en el cuerpo.

No obstante el grado de actuación de estos insectos necrófagos varía con la ubicación espacial del cadáver, así como la causa de muerte, sumergido, enterrado, muerte por envenenamiento, entre otras. La colonización de cadáveres por esta entomofauna es ordena, los primeros en llegar son los califóridos (Calliphoridae) seguido de otras familias de dípteros y coleópteros, sin embargo hay que tener presente que los patrones de sucesión de estos insectos varían geográficamente, teniendo cada localidad su propio conjunto de especies de artrópodos asociado a cadáveres, incluyendo las especies cosmopolita.

DESCOMPONEDORES DE CADÁVERES

Periodos en la descomposición de un cadáver

Los periodos más importantes en la descomposición de un cadáver son cuatro:

Periodo cromático:

- En esta fase se instaura la mancha verde en la fosa ilíaca derecha; esto suele suceder a partir de las 24 horas después del fallecimiento.
- Se empieza a ver el entramado venoso por la transformación de la hemoglobina.

Periodo enfisematoso:

- Aparecen los gases de putrefacción y el cadáver comienza a hincharse.
- Comienza el desprendimiento de la epidermis.

Periodo colicuativo:

- Los tejidos se transforman en un magma putrilaginoso y desaparece su forma habitual.

Periodo de reducción esquelética:

- Desaparición de las partes blandas.

Todos estos periodos se encuentran afectados por una serie de factores que retardan o aceleran esta descomposición; se trata de los siguientes:

1. Circunstancias de la muerte
2. Condiciones del cuerpo anteriores a la muerte

3. Temperatura.
4. Humedad.
5. Tipo de suelo en el que se produce la putrefacción.
6. Insectos.
7. Otros animales

Debido a la gran dificultad para calcular la tasa de descomposición por el crecimiento bacteriano, existe un gran número de estudios sobre el efecto de los insectos necrófagos en restos humanos encontrados al descubierto.

En los cadáveres se produce una progresión sucesiva de artrópodos que utilizan los restos en descomposición como alimento y como extensión de su hábitat. Esta sucesión de artrópodos es predecible ya que cada estadio de la putrefacción de un cadáver atrae selectivamente a una especie determinada. Aunque el papel de las diferentes especies de artrópodos es variable y no todas participan activamente en la reducción de los restos.

CLASIFICACIÓN DE LAS ESCUADRAS DE LA MUERTE DEL PROF. PIERRE MEGNIN

Las cuadrillas de la muerte de Jean Pierre Megnin

Los diferentes grupos de artrópodos fueron definidos por Megnin. Según el autor, estas escuadras son atraídas de una forma selectiva y con un orden preciso: tan preciso que una determinada población de insectos sobre el cadáver indica el tiempo transcurrido desde el fallecimiento. En consecuencia, merced a Megnin podemos contar con datos objetivos sobre entomología forense, los que nos van a permitir un diagnóstico certero.

Por otro lado, es necesario saber que ha cambiado completamente el plan de trabajo original de Megnin, quien con sus cuadrillas y en forma distinta a la actual abordaba esta problemática. En cada país y dentro del mismo, en cada región, debido a sus particulares características, existen distintos integrantes de cada una de las cuadrillas, por lo que el estudio entomológico a emprender en la investigación criminal debe realizarse sobre los conocimientos previamente adquiridos por la investigación científica que hoy no se admite que realice persona ajena a la entomología.

En caso de hallar insectos, se deben colocar en frascos con alcohol, que mata y fija inmediatamente los mismos, sin alterar sus dimensiones y características. Jean Pierre Megnin, a partir de 1874 realizó estudios entomológicos en el cadáver. Agrupó a los insectos que en periodos delimitados contribuían con la destrucción cadavérica, denominando a cada uno de ellos “Cuadrilla de Obreros de la Muerte”; estableciendo ocho cuadrillas:

PRIMERA CUADRILLA: Está formada por dípterosmoscas de las especies musca (doméstica) y curtonerva, en un primer momento, y luego por otras moscas, Callíphora vomitoria (mosca azul de la carne) y anthomya vicina. Sólo atacan a cadáveres frescos, y a veces ya en el periodo agónico.

SEGUNDA CUADRILLA: Integrada por moscas lucilia (caesar o mosca verde) y sarcophaga (carnaria, arvensis y laticrus) que se presentan a partir del momento en que el olor cadavérico se siente al aire libre, ello es, cuando se instala la putrefacción en su fase gaseosa.

TERCERA CUADRILLA: Se presenta en el periodo de putrefacción butílica, es decir, cuando existen grasas acidificadas, tres a seis meses después de la muerte. La componen coleópteros (dermester, lardiarius, frischii y undulatus) y lepidópteros (aglossa pinguinalis o polilla de la grasa)

CUARTA CUADRILLA: Corresponde al periodo de putrefacción butírica y gaseosa, es decir, de grasas y proteínas acidificadas. La componen dípteros y coleópteros (anthomya vicina, pyophila casei y petasionis, corynetes o necrobia, ruficollis, coeruleus, rufipes y violaceus)

QUINTA CUADRILLA: Es atraída por la fermentación amoniacal. Se compone de dípteros de los géneros tyreophora (cynophila, anthropophaga y furcata), lonchea nigrimana, ophyra (cadaverina y leucustoma), phora aterrima, y también de coleópteros, de la familia de los sílfidos, de los géneros necróphorus humatur o necróphorus fossor, silphia (littoralis y obscura), hister cadaverinus y saprinus rotonmdatus.

SEXTA CUADRILLA: Se encargan de absorber los humores líquidos que dejan las cuadrillas anteriores, por lo que desecan y pueden llegar a momificar los tejidos orgánicos aún existentes. Se trata de acarianos, de los géneros serrator (amphibius y necrophagus), tiroglifinos (entomophagus, faringe, longior, myophagus, siculus, siro y urophurus), carpoglyphus, caedpophagus o tyrogflyfus echinopus, glyciphagus (cursos y spinipes), uropoda numularia y trachynotus cadaverinus.

SÉPTIMA CUADRILLA: Se presenta cuando quedan únicamente restos momificados que no permiten que actúen los fermentativos. Corresponden a coleópteros (attagenus pellio y anthrenus museorum) y microlepidópteros (aglossa cuprealis y tineeola biseliella). Se trata de del mismo tipo de los que roen los vestidos, tapices y pieles.

OCTAVA CUADRILLA: Integrada por dos especies: tenebrio (monitor o gusano de la harina y obscurus) y ptinus brunneus. Trezza refiere que, en nuestro medio, no se ha encontrado esta cuadrilla.

Los insectos pueden agruparse en 4 grupos diferentes, según el mismo Megnin:

EL PRIMER GRUPO: Es el de las especies necrófagas, y dura alrededor de tres o cuatro meses, correspondiendo a la primera y segunda cuadrillas. Son principalmente dípteros (moscas) y coleópteros (escarabajos) Estos últimos por lo general aparecen más tarde, cuando la materia orgánica ha comenzado a secarse.

EL SEGUNDO GRUPO: Corresponde a los insectos, cuyo alimento lo constituyen las especies necrófagas. Su importancia radica en que su acción depredadora puede modificar la tasa de crecimiento de las especies necrófagas y de esta forma tornar dificultoso su empleo para establecer el cronotanatodiagnóstico. Dura también tres o cuatro meses, y corresponde a la tercera cuadrilla.

EL TERCER GRUPO: Está integrado por especies que al mismo tiempo son necrófagas y depredadoras. Tal es el caso de la moscarda azul de cara blanca. Se extiende de cuatro a ocho meses y corresponde a la cuarta y quinta cuadrillas. El cadáver se encuentra convertido en una verdadera papilla negruzca, líquida o semilíquida, con un olor que recuerda al del queso podrido.

EL CUARTO GRUPO: Por último hacen su aparición los acarianos, que integran la sexta, séptima y octava cuadrillas, que encuentran en el cadáver una extensión de su hábitat, y se prolonga por seis y doce meses.

La mayor parte de los autores considera que la fauna cadavérica comienza su tarea con la musca doméstica o mosca común, la mosca verde o lucilia caesar y la mosca azul o Callíphora erytrocephala.

Tollas ellas inician el proceso entomológico depositando sus huevos en los orificios naturales húmedos, ello es, el ángulo del ojo, debajo de los párpado, en la boca y en los restantes orificios húmedos del cuerpo.

Las diferentes generaciones, según la especie y conforme las condiciones medioambientales (calor y humedad), pueden ser determinadas entomológicamente. Es posible establecer cuánto tiempo hace que el cadáver se encuentra en posición de hallazgo.

Existen dos métodos para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte usando la evidencia de los insectos: El primero utiliza la edad de las larvas y la tasa de desarrollo; El segundo método utiliza la sucesión de insectos en la descomposición del cuerpo. Ambos métodos se pueden utilizar por separado o conjuntamente siempre dependiendo del tipo de restos que se estén estudiando. Por lo general, en las primeras fases de la descomposición las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de una o dos especies de insectos, particularmente dípteros, mientras que en las fases más avanzadas se utiliza la composición y grado de crecimiento de la comunidad de artrópodos encontrada en el cuerpo y se compara con patrones conocidos de sucesión de fauna para el hábitat y condiciones más próximas.

Los parámetros médicos son utilizados para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte cuando éste es corto, pero después de las 72 horas la entomología forense puede llegar a ser más exacta y con frecuencia es el único método para determinar el intervalo postmortem.

El estudio entomológico es de estricta incumbencia de especialistas que realmente conozcan y manejen el tema y tengan experiencia en la aplicación del mismo; por ello, el especialista entomólogo, se debe limitar a la toma de muestras, sea de larvas, pupas, etc. Que pueda encontrar en el cadáver y realizar la medición de las mismas para remitirlas a efectos de practicar su estudio entomológico correspondiente.

Para visualizar el material de estudio

"Hacer clic en el siguiente enlace: Episodios Entomológicos"

4. Muestras

ESTUDIO APLICATIVO DE LA ENTOMOLOGÍA FORENSE EN UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN

Entomología es el estudio de los insectos, que son los organismos que tienen un exoesqueleto, 6 patas, 3 segmentos corporales, 1 par de antena y 1 par de ojos compuestos. El creciente campo de la entomología forense se define ampliamente como la aplicación del estudio científico de los insectos y sus parientes de artrópodos a asuntos legales. Los entomólogos forenses tratan con frecuencia los artrópodos no insectos como arañas, ácaros y garrapatas. Por lo tanto, la definición básica de "la entomología forense" se extiende más allá de "la entomología."

Dentro de las ciencias forenses, entomólogos forenses pueden ayudar a establecer una porción del intervalo postmortem (que se conoce como el periodo de actividad de los insectos, o el tiempo desde la colonización), ayudar a establecer la ubicación geográfica de la muerte en casos de transporte cuerpo, ayudan asociado la víctima y sospechoso entre sí y a la escena, y ayudar al patólogo a identificar sitios de trauma en el cadáver. Además, la evidencia entomológica se puede utilizar como muestras de toxicología alternos, y sus contenidos estomacales pueden ser fuentes de **ADN** humano viables para las pruebas forenses.

Otros usos forenses de entomología han sido la identificación de las muertes derivadas de choque anafiláctico debido a las picaduras o mordeduras de insectos, para resolver los accidentes de tráfico que resultan de pánico debido a las picaduras de insectos en un

automóvil, y que se utiliza en la consulta en los casos penales relacionados con el uso indebido de los insectos que son inducidos a morder o dar de comer a la víctima.

El área principal de la investigación y el caso de aplicación de la entomología en la ciencia forense es el uso de la identificación de especies, las tasas de crecimiento conocidos, y los datos de sucesión de insectos para determinar tanto la ubicación y la hora aproximada de la muerte de la víctima. Debido a la reciente aceptación generalizada de la entomología dentro de las ciencias forenses, muchas agencias de policía, médicos forenses, médicos forenses y agencias federales de los Estados Unidos están solicitando la ayuda de entomólogos con conocimientos en el comportamiento y la biología de los insectos carroñeros para ayudar a responder preguntas críticas relativas a investigaciones de muertes humanas.

La siguiente imagen es la de una mosca azul gusano peludo.

El Hairy Maggot mosca azul (Chrysomya rufifacies) es una especie que llega muy temprano en el proceso de descomposición. En algunos casos se ha sabido llegar en cuestión de minutos después de la muerte.

RECOGIDA DE MUESTRAS

La recolección cuidadosa de las muestras entomológicas en el sitio del suceso, acompañada del conocimiento biológico de los insectos colectados y de otros hallazgos en la escena del crimen, investigación y necropsia médico legal permite explicar tanto la reconstrucción de los hechos, como la determinación del intervalo postmortem mínimo (IPM), causa de la muerte, mecanismo y lugar de la muerte, tráfico de droga, mercancía, entre otros para dar resolución a los casos criminales.

1. Localización de las muestras entomológicas: el entomólogo forense aplica las técnicas de búsqueda, observación y análisis del sitio del suceso, realizando un recorrido muy detallado por todas las áreas que sean relevantes, delimitando aquellos lugares donde se encuentren insectos en sus diferentes estados de desarrollo.

2. Toma de parámetros ambientales y ubicación geográfica del sitio del suceso:

Con ayuda de los instrumentos adecuados se tomaran los datos de temperatura, humedad relativa, altitud, latitud, tipo de suelo, estacionalidad, características de la vegetación, características del rio, mar, descripción de un punto orográfico de referencia, entre otros; los cuales darán una idea como ha sido el patrón de crecimiento de las larvas en el cuerpo en descomposición, así como el uso de estos datos mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitirá crear mapas predictivos como herramienta de estudios en la entomología forense. Todo dato colectado se registraran en el "Acta de Levantamiento de Muestras Entomológicas" con la hora respectiva a la cual se colectaron los datos. También se debe describir el sitio del suceso (abierto, cerrado o mixto, entre otros).

3. Fijación de las evidencias: con el uso de una cámara fotográfica el entomólogo forense puede fijar toda aquella evidencia entomológica o no que sea de utilidad para comprender la llegada de los insectos y distribución sobre el cuerpo en descomposición, apoyándose de la planimetría para ello.

4. Colecta de las muestras entomológicas:

4.1 Sito del suceso abierto: ante todo se debe disponer del equipo necesario (Kit de entomología forense), aclarando que se pueden colectar huevos, larvas, pupas y adultos de dípteros, coleópteros o cualquier otro insecto que pueda estar allí presente. Inicialmente antes de realizar el levantamiento del cuerpo se debe colectar los insectos que se vean con mayor facilidad y que estén volando sobre el cuerpo en descomposición con ayuda de una red entomológica, colectar adultos muertos que estén sobre y cerca del cuerpo en descomposición esto puede orientar a sustancias toxicas presentes en el cadáver, larvas y huevos se colectan con pinzas lisas o pinceles humedecidos, es de suma importancia colectar las larvas de mayor tamaño, debido a que son están las que determinan la primera oleada de moscas que llego al cuerpo, es de suma importancia en este momento tomar la temperatura de las masas de larvas que estén en el cuerpo en descomposición. Se revisa con mucho cuidado la ropa, orificios naturales, de entrada, heridas, entre otros. Posteriormente cuando el cuerpo se remueve se colecta con una pala muestras de suelo, debajo del cadáver y los alrededores, con el fin de buscar pupas. Un muestreo aleatorio puede asegurar una representatividad real de los insectos presentes.

4.2 En casos de ambientes acuáticos, se debe colectar todo lo que se pueda, quizás no exista una fauna entomológica asociada como en los ambiente terrestres, pero existen organismos muy estudiados que son clave para la determinación de la calidad del agua de los ríos los cuales pueden orientar en que parte del rio fue liberado el cadáver y cuanto se desplazo desde este punto de liberación debido a las corrientes.

4.3 En sitios del suceso cerrado la búsqueda debe ser muy cuidadosa, en una casa por ejemplo siempre es aconsejable buscar en los bordes de las esquinas de las paredes, debajo de las alfombras, closets, entre otros, si el sitio del suceso es un carro buscar en la tapicera, maleta, motor, debajo de los asientos.

4.4 Colecta de muestras en restos inhumados: colectar toda aquella evidencia entomológica que pudiera estar en el suelo, anotando la profundidad a al cual fue colectado.

4.5Colecta de insectos durante la necropsia, se debe revisar detalladamente la bolsa en la cual fue trasladado el cadáver, posteriormente se realiza una revisión de la ropa en especial la costuras y zona humedecidas por los fluidos del cadáver. Durante el procedimiento de la necropsia se debe buscar los insectos en: pelo, cráneo, orificios naturales, tracto respiratorio y digestivo, axilas, lesiones y/o heridas presentes, indicando el área anatómica o la región corporal en la que fueron colectadas las muestras. Se fotografían las zonas corporales que presentan mayor actividad de insectos, colectando las muestras con pinceles o pinzas delgadas.

TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Preservación de las muestras entomológicas

Huevos: se colectan con pinceles se preservan el etanol al 70%, un grupo se coloca en un recipiente con sustrato para criarlas en el laboratorio.

Larvas: las larvas colectadas se dividen en grupos, unas serán preservadas sumergiéndolas en agua hirviendo y posteriormente se sumergen en etanol al 70%; un segundo grupo se cría en envases con tierra estéril y carne, un grupo puede se introducida en una cava con hielo para estudios toxicológicos en casos que se sospeche muerte por causa de algún tipo de sustancia toxica, y un cuarto grupo se sumerge en etanol para estudios moleculares. Cada muestra se trata por separada con su identificación y la región del cuerpo donde fue colectada. En caso de no contar con agua hirviendo se introducen las larvas directamente en etanol al 70%.

Pupa: se dividen en dos grupos, uno se preserva en etanol al 70% con su etiqueta, y el otro se cría en un envase con arena, papel húmedo, entre otros.

Adulto: son sumergidos en etanol al 70%, se preserva con su etiqueta.

Embalaje y cadena de custodia: todas las muestras deben estar previamente rotuladas, es recomendable colocar el estadio en el cual fue colectada la muestran (huevo, larva, pupa), esto permite saber si durante el camino paso de estadio, estas se introducen en una caja que permita transportar de manera eficiente las muestras con la planilla de los datos colectados, realizado esto el investigador confecciona la cadena de custodia y la remite para su estudio a un entomólogo forense, ya sea propio del CICPC o lo remite a una Universidad que cuente con personal calificado para ello. Todas las muestras deben transportarse en una caja refrigerada (5-10 ºC), para disminuir el metabolismo de las larvas y deben hacerse llegar a

su destino lo más pronto posible para evitar alteraciones de la evidencia y garantizar su estudio.

PROTOCOLO PARA LA RECOGIDA, CONSERVACIÓN Y REMISIÓN DE MUESTRAS ENTOMOLÓGICAS EN CASOS FORENSES.

Para visualizar el material de estudio complementario

"Hacer clic en el siguiente enlace: Protocolo "

Referencias Bibliográficas

- http://www.cienciaforense.com/Pages/es/entomology/intro.html
- http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/12331/1/Introduccion%20entomologia%20forense.pdf
- http://www.produccion-animal.com.ar/veterinaria_forense/35-entomologia.pdf
- http://www.criminalistica.com.mx/descargas/documentos/pdf/Entomologia_Forense_JGCM.pdf
- http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Entomologia-_I_Unidad_-_1era_Clase.pdf
- http://entomologia.rediris.es/aracnet/7/06forense/
- http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=312
- http://entomofauna.es.tl/Entomologia-forense.htm
- http://www.semefo.gob.mx/es/INCIFO/Entomologia_Forense
- http://www.rtve.es/noticias/20120209/entomologia-forense-estudio-insectos-asociados-cadaveres/496685.shtml
- http://www.britannica.com/EBchecked/topic/392797/morphology/48672/Body-plan-and-symmetry
- http://www.insectidentification.org/insect-anatomy.asp
- http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/agronomia/archivos/ENTO_GEN_SISTEMAT_Y_CLASIFIC_Cap_VII.pdf
- http://entomologia.net/insecta.htm
- http://venturacan093.blogspot.com/2009/12/metodos-de-captura-de-insectos.html
- http://entomologia.rediris.es/aracnet/6/entapl/
- http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/DivAni1/archivos%20guia/M%E9todos%20para%20la%20colecta%20y%20conservaci%F3n%20de%20invertebrados.pdf.pdf
- http://www.vivelanaturaleza.com/naturalista/como_conservar_especimenes.php
- http://www.almediam.org/PDF/ortopteros.pdf
- http://emedicine.medscape.com/article/1780557-overview

- http://www.urosario.edu.co/urosario_files/12/1215d980-b582-4015-8984-bf687e12c2f4.pdf
- http://entomologoputrefacto.blogspot.com/2011/06/colecta-y-preservacion-de-las-muestras.html
- http://www.policia.es/org_central/cientifica/servicios/id_entomo_forense.html
- http://scielo.isciii.es/pdf/cmf/n25/original6.pdf
- http://www.slideshare.net/entomol_putre/insectos-y-cadenadecustodia
- https://prezi.com/mxqmxtd1tka0/entomologia-forense/
- http://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/26/57/3.Muestreos.pdf