

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de la Toxicidad y Selectividad de Cuatro Insecticidas en Abeja Europea
Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae)

Por:

JESÚS ROSARIO ÁLVAREZ SILVA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de la Toxicidad y Selectividad de Cuatro Insecticidas en Abeja
Europea *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae)

Por
JESÚS ROSARIO ÁLVAREZ SILVA

TESIS
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

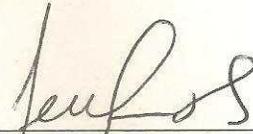
Aprobada:



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal



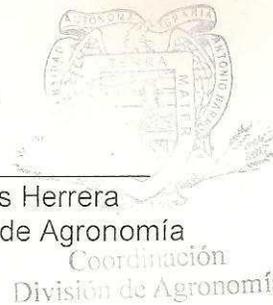
Dr. Yisa María Ochoa Fuentes
Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre del 2013

AGRADECIMIENTOS

Con todo mi corazón a mi Dios Jesucristo todo poderoso, por su divina protección a lo largo de mi vida y por seguirme formando como buen hombre día a día.

A mis padres: Francisco Álvarez Mtz., Maribel Álvarez Silva, Elva Silva Valdéz, por su apoyo y cariño que siempre recibí de manera incondicional y gracias por ser mi familia.

A mis hermanos: Luisa Marcela Álvarez Silva y Ángel Adrian Álvarez Silva por su cariño y motivo para que yo lograra este logro.

A mi sobrina: María de Guadalupe Álvarez Silva por ese corazón tan lleno de ternura, y por darme su cariño y respeto.

A mis tíos: Ernesto, Guadalupe, Francisco, Patricia.

A mi tía Maricruz por tanto apoyo brindado incondicionalmente.

Gracias a mi "Alma Terra Mater" por formarme como profesional y darme lo necesario a lo largo de la carrera.

A mi amigo Fabián Cossío Rubio por haberme brindado su amistad y regalado la oportunidad de estudiar en esta institución.

A mis amigos Sandra Bautista, Jorge Corrales, Alfredo Colomo, Francisco Marín, Javier Pérez, Ángel Mayo, Dilmir Santiago, Jorge Valencia, Víctor Torres, M.C. Oscar Sánchez, Oscar Castro, Juan Negrete, M.C. Rebeca Villegas.

A Diana Edith Hernández Gonzales por su apoyo incondicional y motivación para que este y muchos proyectos en vida se realizaran exitosamente con cariño y respeto hacia usted.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez, por sus consejos, apoyo y dedicación a la realización de este proyecto, así como su amistad brindada.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores, por ser parte esta investigación.

Al M.C. Daniel por su amistad y apoyo para que este proyecto se llevara a cabo.

DEDICATORIAS

Dedicado con cariño y respeto especialmente a mis Padres: Francisco Álvarez Martínez, Maribel Álvarez Silva, Elva Silva Valdez, por ser grandes personas, por ser mi gran familia, a su esfuerzo y apoyo para este logro y por ser la inspiración de mi superación.

A mi hermana y hermano: Luisa Marcela Álvarez Silva, Ángel Adrian Álvarez Silva, dedicado por ser mis hermanos mayores y por enseñarme a ver la vida de una mejor manera con cariño y respeto.

A mis tíos: Ernesto Álvarez, Francisco Álvarez, Guadalupe Mendoza, Patricia García, Sandra Castro por su apoyo que fue indispensable en este proyecto.

A mi tía Maricruz Lizárraga, por su motivación y apoyo a quien dedico con cariño y respeto.

A mis primos: Cristina, , Brenda, Nora Guadalupe Alejandra Álvarez Mendoza, y a Carolina y Francisco Álvarez García.

A mis amigos de infancia Fabián Cossio, Damián Aguilera, Arturo y Rosario Salas, Miguel Fontes, por tanto aprecio.

A la familia Aguilera López con mucho respeto y cariño.

A un Ángel que siempre nos cuida del cielo y Ernesto Álvarez Mendoza (D.E.P.) por todos los recuerdos que dejaste, hasta allá arriba donde estas primo con admiración y respeto.

A los amigos que se convirtieron en hermanos, Sandra Bautista, Jorge Corrales, Alfredo Colomo, Francisco Marín, Javier Pérez, Ángel Mayo, Dilmar Santiago, Jorge Valencia, Víctor Torres, M.C. Oscar Sánchez, Oscar Castro, Juan Negrete, M.C. Rebeca Villegas, M.C. Daniel Lara.

A todos mis compañeros de la generación CXVI de la carrera de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo por tantas enseñanzas compartidas.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADRO	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Justificación.....	3
Objetivo.....	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Aspectos Generales del Cultivo de Tomate	5
Origen del tomate	5
Distribución en México	5
Descripción botánica	6
La semilla.....	6
Sistema radicular	7
Tallo principal.....	7
Hoja	8
Flor.....	8
Fruto.....	9
Clima.....	9
Ubicación taxonómica	10
Polinización en cultivos	11
Importancia de la Polinización	11
Transporte del polen.....	12
Tipos de Polinización.....	12
Autopolinización.....	12
Polinización cruzada	13
Polinización anemófila	13
Polinización entomófila	13
Insectos polinizadores	13
Clasificación de los insectos polinizadores.....	14
Condiciones climáticas que afectan el desarrollo de las comunidades de insectos polinizadores	16
Temperatura	16
Humedad	17
Luz.....	17

Viento.....	17
Atributos de un Buen Insecto Polinizador	18
Invernadero	18
Abeja europea (<i>Apis mellifera</i>).....	20
Antecedentes.....	20
Castas	20
Reina	21
Zángano	22
Obreras.....	22
Alimentación	23
Anatomía y fisiología de <i>Apis mellifera</i>	24
Cabeza	25
Antena	26
Ojos simples u ocelos.....	26
Ojos compuestos.....	26
La mandíbula.....	27
El clípeo y el labro	27
La probosis.....	27
Tórax	27
Las alas	28
Las patas.....	29
El abdomen	29
Partes externas.....	29
Partes internas.....	29
Sistema muscular	30
Sistema circulatorio	30
Sistema respiratorio.....	31
Sistema nervioso	33
Sistema digestivo	34
Sistema reproductivo	35
Sistema reproductor del macho	35
Sistema reproductor de la hembra de <i>Apis mellifera</i>	36
Sistema glandular.....	38

Glándulas hipofaríngeas	38
Glándulas salivales	38
Glándulas mandibulares	39
Glándulas de los jugos alimenticios	39
Glándula odorífera de Nasanoff	40
Glándulas endocrinas	40
Glándula cerera	41
Sistema defensivo o vulnerador	41
Ubicación taxonómica	43
Clasificación científica.....	43
Principales razas de <i>Apis mellifera</i>	44
Caucásica (<i>Apis mellifera</i> caucásica)	44
Carniola (<i>Apis mellifera</i> cárnica)	44
Europea o abeja negra (<i>Apis mellifera</i> melifera)	44
Italiana (<i>Apis mellifera</i> ligustica).....	45
Africana (<i>Apis mellifera</i> scutellata).....	45
Importancia como polinizador	45
Efectos negativos de los pesticidas sobre agentes polinizadores.....	47
Descripción de los insecticidas	49
Organoclorados.....	49
Endosulfan	49
Piretroides	49
Bifentrina.....	50
Neonicotinoides.....	51
Imidacloprid.....	51
Inhibidores de la quitina.....	52
Buprofezin.....	52
MATERIALES Y METODOS.....	53
Material Biológico	53
Plaguicidas utilizados	53
Método de Bioensayo.....	54
Método de bioensayo de dieta envenenada (OECD, 1998).....	54
Análisis estadístico	55
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	56
Resultados del bioensayo obtenidos a 12 horas	56
Concentración letal	56
Líneas de Regresión Dosis Mortalidad	58

CONCLUSIONES	61
LITERATURA CITADA.....	62

INDICE DE CUADRO

Cuadro	Página
Cuadro 1.- Insectos polinizadores de cultivos y su porcentaje.....	14
Cuadro 2.- Periodo de desarrollo de las castas de <i>Apis mellifera</i>	23
Cuadro 3.- Productos y concentraciones evaluadas en los tratamientos, en el experimento de <i>Apis mellifera</i> con los cuatro plaguicidas.....	55
Cuadro 4.- CL ₅₀ , CL ₉₅ y ecuación de predicción de los productos evaluados sobre abejas obreras adultas (<i>Apis mellifera</i>) a 12 horas de exposición.....	57
Cuadro 5.- CL ₅₀ , CL ₉₅ y ecuación de predicción de los productos evaluados sobre abejas obreras adultas (<i>Apis mellifera</i>) a 24 horas de exposición.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Esquema del ciclo de vida de <i>Apis mellifera</i>	23
Figura 2. Anatomía externa cabeza, tórax y abdomen.....	24
Figura 3. Partes externas de la cabeza.....	25
Figura 4. Estructura de las alas de <i>Apis mellifera</i>	28
Figura 5. Estructura del sistema respiratorio de <i>Apis mellifera</i>	33
Figura 6. Estructura del sistema reproductor del macho de <i>Apis mellifera</i>	36
Figura 7. Estructura del sistema reproductor de la hembra de <i>Apis mellifera</i>	37
Figura 8.- Líneas de respuesta dosis mortalidad sobre abejas obreras adultas (<i>Apis mellifera</i>) con los cuatro insecticidas a 12 horas de exposición.....	59
Figura 9.- Líneas de respuesta dosis mortalidad sobre abejas obreras adultas (<i>Apis mellifera</i>) con los cuatro insecticidas a 24 horas de exposición.....	60

INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos hortícolas con mayor área cultivada y producción global. México ocupó el noveno puesto en la producción con 2,1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor con 31,6 y Estados Unidos el segundo con 12,7. En cuanto a la exportación de tomate fresco, España, los Países Bajos y México se disputan las tres primeras posiciones con cifras que rondan mil millones de dólares (FAO, 2004).

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero en México tiene una superficie estimada de 53,780.18 para el 2011 (SIAP-SAGARPA 2011). La producción de tomate se realiza durante todo el año. En el caso específico de la producción del tomate fuera de temporada bajo invernadero, la plantación se realiza cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas. Esto implica que los procesos de inducción floral, diferenciación floral, polinización, cuajado y desarrollo de frutos, se realicen en condiciones limitantes de temperatura e intensidad lumínica, conjuntamente con altas humedades relativas. Por lo que, tales factores influyen directamente sobre la fecundación de las flores, produciendo un bajo número de frutos en ausencia de aplicaciones de reguladores de crecimiento o tratamientos que mejoren la autopolinización, como el uso de polinización mecánica, corrientes de aire o insectos polinizadores (Schopflocher, 1996).

Desde hace muchos años, en México y en el mundo, se ha utilizado una gama muy amplia de auxinas y giberelinas con el fin de mejorar el cuajado. Sin embargo, estas aplicaciones han sido desplazadas en los últimos años, en diversa magnitud, por abejorros y abejas melíferas del género *Apis*. El encarecimiento de la mano de

obra en las labores de polinización, y la fuerte tendencia de los consumidores de países europeos y norteamericanos a preferir productos sin aplicación de agroquímicos, ha obligado a los productores abastecedores de estos mercados a utilizar el abejorro y la abeja en el remplazo de hormonas (López, 1997).

El uso de abejorros y abejas implica la utilización de pesticidas selectivos, que no presenten mortalidad para los polinizadores y los organismos benéficos frente a las plagas que se presenten en el cultivo (Ruijter, 1997), por lo que esta tecnología requiere un manejo integrado de plagas.

Algunas abejas europeas poseen conductas que las hacen excelentes polinizadoras de diversos cultivos, entre ellos el cultivo de tomate. Dada la importancia que ha adquirido el uso de polinizadores, en varios países se ha desarrollado la técnica de domesticación. En México como en muchos países se utiliza a las abejas, con la finalidad de polinizar los cultivos y obtener los mejores rendimientos. Por esta razón, la industria alimentaria está poniendo sus ojos en la apicultura y sus abejas para polinizar los cultivos. Actualmente la abeja *Apis mellifera* es utilizada como una alternativa de insecto polinizador, debido a los altos costos de introducir abejorros polinizadores en los cultivos (Coronado, 1997)

Sin embargo, en la agricultura intensiva desarrollada en invernaderos, se caracteriza por una fuerte explotación de la tierra e incremento en la utilización de plaguicidas, el uso incorrecto de los mismos, puede plantear graves problemas para el medio ambiente y para el hombre. Dent (2000) mencionó que existen efectos negativos por el uso intensivo de los insecticidas, los cuales incluyen la no especificidad, desarrollo de resistencia a los insecticidas en las plagas, acumulación y persistencia de los compuestos en el ambiente y efecto en los organismos benéficos y polinizadores.

Por lo que la integración de varios métodos de control para el manejo de las plagas, involucra el concepto de compatibilidad con las aplicaciones de insecticidas,

por lo tanto es esencial conocer los riesgos, selectividad y las condiciones de uso de los insecticidas, para maximizar la compatibilidad entre control químico y los polinizadores. La compatibilidad de un insecticida con los polinizadores es determinado mediante pruebas de mortalidad en estos organismos (Bezerra *et al.*, 2003).

Debido a la problemática que representa el cultivo del tomate debido a la presencia de muchas plagas, la dependencia a los insecticidas y a la poca información que existe de la compatibilidad con los polinizadores, se plantea en este proyecto de investigación el objetivo de evaluar seis de los insecticidas más utilizados en el cultivo del tomate bajo condiciones de invernadero, sobre la abeja europea *Apis mellifera*.

Justificación

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero, presenta una gran superficie, distribuida en 12 estados de la república. Sin embargo este tipo de producción presenta problemas en el amarre, cuajado y desarrollo de frutos; siendo de vital importancia el uso de abejorros y abejas melíferas. El uso de estos polinizadores implica la utilización de pesticidas selectivos, que no presenten mortalidad para los polinizadores y los organismos benéficos frente a las plagas que se presenten en el cultivo. Sin embargo, en la agricultura intensiva desarrollada en invernaderos, se caracteriza por una fuerte explotación de la tierra e incremento en la utilización de plaguicidas, con efectos negativos; Por lo que, la compatibilidad de las aplicaciones de insecticidas con los polinizadores es vital, debido a la problemática que representa el cultivo del tomate a la presencia de muchas plagas, la dependencia a los insecticidas y a la poca información que existe de la compatibilidad con los polinizadores.

Objetivo

Determinar el grado de toxicidad y selectividad de cuatro insecticidas de diferente grupo toxicológico en *Apis mellifera*.

Hipótesis

Al menos uno de los insecticidas evaluados presentara una baja mortalidad sobre *Apis mellifera*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos Generales del Cultivo de Tomate

La palabra jitomate procede del náhuatl xitomatl, que se deriva de los vocablos xictli, ombligo y tomātl, tomate, que significa tomate de ombligo.

Considerando la superficie dedicada a su cultivo y el valor de su producción, el tomate es la hortaliza número uno en el mundo. Es una planta arbustiva e indeterminada, puede tener un ciclo de vida superior a un año, aunque se cultiva como anual. Para invernadero se utilizan las variedades de crecimiento indeterminado, pues permiten tener producción durante periodos largos si se manejan de forma adecuada. El manejo del cultivo es la clave para obtener altos rendimientos y calidad del fruto.

Origen del tomate

De acuerdo con el libro “The tomato in America” de Smith (1994), el jitomate se originó muy probablemente en las tierras altas de la costa occidental de Sudamérica. Investigaciones posteriores han precisado que esta y otras hortalizas se cultivaron en forma continua por las culturas que florecieron en los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) desde tiempos preincaicos.

Distribución en México

Villaseñor y Espinosa (1998) reportan la siguiente distribución para la república: Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal,

Guerrero, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán.

Descripción botánica

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta, y es limitado en las variedades determinadas e ilimitadas en las variedades indeterminadas, llegando en estas últimas, a 10 m en un año. La ramificación es generalmente simpodial, con lo que los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o ramas abortivas (Nuez, 2001).

La semilla

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal (Nuez, 2001). El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, esta constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa está constituida por un tejido duro impermeable, recubierto de tricomas que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Nuez, 2001).

La aplicación exógena de reguladores del crecimiento, principalmente giberelinas y auxinas, estimula la germinación. Las raíces blancas indican buena sanidad y crecimiento, además de que la planta está en condiciones óptimas para el transplante. La germinación también es sensible al pH, las turbas no tratadas presentan valores de pH muy ácidos que afectan la germinación de la semilla. De acuerdo a (Bewley y Black, 1982), en la germinación pueden distinguirse tres etapas: A) Rápida absorción de agua por la semilla, que dura aproximadamente 12 hrs; B) Periodo de reposo, que dura unas 35-40 hrs, durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía ni

en la actividad metabólica de la semilla; C) Etapa de crecimiento, en la que la semilla comienza a absorber agua de nuevo y se inicia el crecimiento y la emergencia de la radícula. Por el micropilo ingresa el agua para de germinación. El proceso de germinación está muy influenciado por la temperatura; el rango óptimo se encuentra entre los 18 y 29.5° C, la temperatura mínima está entre 8 y 11° C y la máxima es de 35° C (Picken *et al.*, 1986). Sin embargo estos valores pueden cambiar considerablemente de acuerdo a la variedad.

Sistema radicular

La raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Picken *et al.*, 1984).

Tallo principal

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o córtex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Picken *et al.*, 1986).

Hoja

Las hojas del tomate son pinadas compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 50 cm. de largo, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden, a su vez, ser compuestos. Los foliolos están recubiertos de tricomas, son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. La iniciación de las hojas se produce a intervalos de 2 – 3 días, en función de las condiciones ambientales. En general, la producción de hojas y de primordios foliares aumenta con la irradiación diaria y con la temperatura, siendo constantes cuando las condiciones ambientales también lo son (Kinet, 1977). El espesor de la hoja es mayor cuando crece con una elevada iluminación diaria durante la fase de la iniciación y al principio de su expansión. Cuando los frutos empiezan a competir con las hojas jóvenes por los foto asimilados, la velocidad de crecimiento de la hoja disminuye (Castellanos, 2003). Las hojas tienen un eje central peciolo, que se utiliza para el monitoreo nutrimental y de este eje salen pequeñas “hojitas” llamadas foliolos. Se denominan simpodio a un sector del tallo compuesto de tres hojas y un ramillete floral para el caso de las variedades de crecimiento indeterminado, que son las que se usan en los invernaderos. Las hojas son las responsables de la fotosíntesis por lo que deben tener una buena disposición para una mayor captación de la radiación (Castellanos, 2003).

Flor

Es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de colores amarillos y dispuestos de forma helicoidal en intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre Mediano y Grande; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300

flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal.

La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Greyson y Sawhney, 1972).

Fruto

El fruto puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Nuez, 2001).

Clima

A la planta de tomate le favorece el clima caliente, sin embargo, bajo condiciones de baja luminosidad, las temperaturas de la noche y el día se deben mantener bajas, de lo contrario, se tendrá una planta raquítica y débil de floración pobre, como consecuencia de que la energía que proporciona la fotosíntesis es inadecuada para la velocidad de crecimiento. Una planta joven utiliza productos disponibles de la fotosíntesis, en primer lugar; para mantenimiento y crecimiento; segundo, para las raíces y tercero para formar el fruto. A temperatura altas, con relación a los niveles de luminosidad, el cultivar utiliza toda la energía en su mantenimiento y muy poca queda disponible para raíces y frutos (León, 2001).

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30° C durante el día y entre 1 y 17° C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35° C afectan a la

fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15° C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

A temperaturas superiores a 25° C e inferiores a 12° C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10° C así como superiores a los 30° C originan tonalidades amarillentas. No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos.

Ubicación taxonómica

Es importante que se toque el punto del nombre científico con especial cuidado. Anteriormente se mencionaron las posibles discrepancias en el nombre común, esto es comprensible dado la naturaleza de los nombres vulgares. Sin embargo, no se puede permitir que a nivel científico haya confusiones, por ello se abundará en el tema. Actualmente, en numerosos artículos científicos de diversos países, se maneja *Lycopersicon esculentum* Mill.

Como nombre científico del tomate; esto es comprensible si se considera que, hasta hace algunos años, ese era considerado el nombre correcto. Sin embargo, desde 2001 es llamado (*Solanum lycopersicum* L.) y la única posible sinonimia es *Lycopersicon lycopersicum*. La terminación "Mill." De *Lycopersicon esculentum* es una abreviatura que se refiere a Phillipe Miller, botánico escocés contemporáneo de Carlos Linneo, quien le asignó ese nombre.

Polinización en cultivos

Cuando existe polen viable, si las condiciones climáticas permiten su dispersión y germinación, la agitación de las flores utilizando vibrador manual a pilas, o vibrando los alambres del entutorado, utilizando corrientes de aire, o incluso, pulverizando agua en gotitas microscópicas sobre la flor han dado buenos resultados para mejorar el cuajado de frutos (Geisenberg y Stewart, 1986). En los últimos años, la utilización de abejorros (*Bombus terrestris*) para polinización de tomate y otras especies (melón, sandía y berenjena) está resultando muy eficaz, especialmente en invernadero, por ser activos a temperaturas bajas (menores a las que requiere la abeja común) y por reconocer las flores polinizadas (Nuez, 2001). En los invernaderos, el empleo de abejorros y la aplicación de aire están desplazando a las restantes técnicas para mejorar la polinización.

Importancia de la Polinización

La polinización se define como un acto mecánico de transferencia de polen a las partes femeninas de una flor (Root, 1976). También se describe como el acto de llevar el grano de polen desde la antera de una flor a los pistilos de otras flores, sean o no pertenecientes al mismo pie de planta (Rallo, 1986).

La polinización es, portante, el prelude de la fecundación (Rallo, 1986), términos que a menudo se confunden. Este último comprende la actividad que tiene lugar después que el polen es puesto en contacto con la superficie del estigma hasta la fusión de los gametos femenino y masculino, pasando por la formación del tubo polínico (Root, 1976).

En la mayoría de las especies frutales, la presencia de semillas es indispensable para que el fruto cuaje, crezca y llegue a madurar. De modo que si no hay polinización y posterior fecundación de los óvulos, la flor o el frutito muy pequeño aborta y cae (Razeto, 1999).

De esta manera la reproducción sexual y el desarrollo de la semilla dependen de la polinización y éste es el requerimiento previo al cuajado en la mayoría de los frutos, lográndose además a través de estos procesos maximizar la producción (Mc Gregor, 1976).

Transporte del polen

Existen dos vías principales de transporte de polen desde la antera al estigma de la flor. Puede ser llevado por los insectos (polinización entomófila), o bien puede ser conducido por el viento (polinización anemófila) (Westwood, 1982). Según Mc Gregor (1976), ambas son las más importantes para la mayoría de las plantas.

Tipos de Polinización

Autopolinización

Es la transferencia del polen al estigma de la misma flor o a estigmas de otras flores del mismo pie de la planta o a flores de diferente pie de plantas pero del mismo genotipo (Root, 1976). Es así como la polinización puede ser realizada sin la intervención de un agente externo, pero este sistema es generalmente deficiente y limitado (Mc Gregor, 1976).

Según Rallo (1986), las plantas, a lo largo de su evolución, han intentado evitar la autopolinización como procedimiento para obtener semillas y perpetuar la especie, ya que este mecanismo conduce a un elevado grado de consanguinidad genética que puede acarrear la manifestación de numerosas taras congénitas.

Polinización cruzada

Root (1976) la define como la transferencia del polen desde la flor de un cultivar, a otra planta de un cultivar diferente. Es decir, cuando la procedencia del polen a una flor es de otro pie de planta genéticamente diferente. Las plantas que requieren de polinización cruzada deben presentar uno o más factores de atracción que la hagan ser visitada por los insectos polinizadores, tales como la abundancia de néctar, polen o ambos (Rallo, 1986), además de poseer medios llamativos (color, olor, etc.) y polen viscoso que asegure su adherencia al visitante logrando llegar al estigma de otras flores. El atractivo que ejerce un cultivo sobre los insectos estaría basado en el color de las flores, aroma, volumen del néctar, concentración y tipo de sus azúcares. Además es importante la cantidad de flores disponibles durante el período de floración (Mc Gregor, 1976).

Polinización anemófila

El transporte de polen se produce por medio del aire. Es un tipo de polinización poco segura, y las plantas deben producir grandes cantidades de polen para tener posibilidades de que algún grano llegue hasta el estigma de otra flor de distinta planta (Rallo, 1986).

Polinización entomófila

El polen es transferido por medio de insectos. En este caso el transporte de polen alcanza un radio de acción más reducido, que depende de la conducta del vector (Rallo, 1986).

Insectos polinizadores

Root (1976) señala que en la apreciación de los insectos polinizantes, es necesario considerar que hay dos grupos:

- Insectos polinizantes silvestres, sobre los cuales el hombre no tiene influencia.
- Insectos polinizantes domesticados, sobre los cuales se tiene un control y están representados principalmente por abeja melífera, (*Apis mellifera* L.) y algunos Bómbidos.

Importancia porcentual de dos grupos de insectos que visitan los cultivos.

Cuadro 1. Insectos polinizadores de cultivos y porcentaje de visitas.

Tipo de insecto	% Visitas
Insectos domésticos: abejas	73-88%
Insectos silvestres: abejorros y abejas silvestres.	6-21%
Moscas, mosquitos, escarabajos, mariposas, polillas etc.	6-14%

Fuente: Rallo, 1986

Las abejas en algunos casos serían las más eficientes, pues visitan las flores metódicamente colectando polen y néctar, sin dañar las flores al alimentarse, contribuyendo eficazmente a la polinización (Root, 1976).

Clasificación de los insectos polinizadores

Debido a la gran cantidad de insectos que visitan las flores, diversos autores los clasifican y agrupan de acuerdo a sus características, es así como Root (1976), les ha agrupado en:

Grupo 1: En él se encuentran las especies menos importantes, con efecto polinizante muy limitado, ya que su acercamiento al polen o néctar estaría determinado por la única y exclusiva necesidad de satisfacer requerimientos alimenticios, que luego de ser satisfechos se alejan, además carecen de estructuras

adaptadas para polinización. Entre los insectos que se agrupan aquí están trips, escarabajos, mariposas, polillas y moscas. Por lo tanto, toda polinización es casual.

Grupo 2: Comprende abejas solitarias de muchas especies, ellas se aprovisionan de alimentos para su descendencia en desarrollo. La ventaja que presentan frente al grupo 1, es su abundante pilosidad y adaptaciones especiales para llevar polen.

Grupo 3: Corresponden a insectos más evolucionados representados por los abejorros (*Bombus* sp), los cuales se caracterizan por acopiar alimentos, guardando los excedentes en sus nidos. Tienen organización social, donde la reina es protegida por las obreras. La intensidad de visitas de los abejorros a las flores es muy pronunciada; por su tamaño y características físicas pueden llevar grandes cantidades de néctar y polen, pero éstas también son una desventaja, ya que las flores pequeñas no soportan su peso.

Grupo 4: Insectos altamente evolucionados, su representante máximo es la abeja melífera (*Apis mellifera* L.); aventaja a los otros insectos por su desarrollada vida social, que le permite perdurar a través del tiempo, sobreviviendo el invierno como unidad social compacta. En la compleja estructura social, la reina es la única que oviposita, haciéndolo en forma abundante. Son consideradas como el principal insecto polinizador por su inclinación al acopio de polen y néctar.

Condiciones climáticas que afectan el desarrollo de las comunidades de insectos polinizadores

Las condiciones climáticas en períodos cortos de tiempo son más incidentes que un promedio de condiciones a mediano o largo plazo (clima), dado que éste ya ha determinado los tipos de ecosistemas en regiones extensas. Toda la comunidad de un ecosistema se ve afectada directa o indirectamente por condiciones climáticas tales como temperatura, humedad, luz y vientos (Apablaza, 2000).

Temperatura

Es un factor que afecta directamente la mortalidad, tasa de desarrollo y grado de actividad de los insectos, e indirectamente afecta su relación con los alimentos disponibles. Sólo unos pocos insectos pueden influenciar la temperatura ambiental. Es el caso de la abeja melífera, que en días calurosos, refresca la colmena con un aleteo continuo que evapora el agua acarreada con tal propósito. En días fríos, las abejas se agrupan y consumen alimento, cuya oxidación también contribuye a elevar la temperatura (Apablaza, 2000).

Cada especie tiene un mínimo, óptimo y máximo de temperatura en el cual se desenvuelve. El rango entre el mínimo y máximo es su tolerancia ambiental ecológica, término válido también para humedad y otros factores fisicoquímicos. El insecto no puede sobrevivir cuando el agua de sus tejidos se congela. Es decir, la temperatura letal inferior (TLI) para muchos insectos será algo menos de 0° C.

También es común que un valor cercano a 10° C represente una temperatura umbral inferior o temperatura base (TB), bajo la cual no hay desarrollo y la actividad decrece. Lo mismo ocurre con una temperatura umbral superior (TUS), sobre los 30° C. Generalmente entre 10° C y 30° C hay actividad y desarrollo normal, lo que se conoce como rango óptimo, y a medida que la temperatura sube, el desarrollo es más rápido. Por sobre los 30° C se produce una detención de actividad y desarrollo, y el

insecto alcanza la temperatura letal superior (TLS) aproximadamente a los 40° C, dependiendo del tiempo de exposición (Apablaza, 2000).

Humedad

La humedad atmosférica es el segundo factor en importancia. El efecto directo sobre los procesos fisiológicos de los insectos no es tan crítico como el de la temperatura, pero ambos factores juntos ejercen una notable influencia sobre la biología y también sobre la distribución de insectos, al afectar a plantas y animales (Apablaza, 2000).

Luz

La luz tiene un efecto directo sobre el comportamiento de los insectos, e indirecto a intervenir en la fotosíntesis de plantas verdes. El fotoperiodo puede inducir diapausa o hibernación. La luz determina la actividad de los insectos diurnos, crepusculares y nocturnos. También influye en el apareamiento de algunos insectos, y en la estimulación del desarrollo, que tiende a ser más lento en insectos subterráneos y taladradores de madera. Los colores ayudan para ubicar los alimentos (Apablaza, 2000).

Viento

Los vientos afectan indirectamente a los insectos al influenciar la evaporación, humedad y temperatura. Su mayor importancia radica en la disseminación de insectos. Cuando son de alta intensidad pueden causar gran mortalidad. Los vientos suaves pueden favorecer vuelos de dispersión (Apablaza, 2000).

En relación con la abeja melífera (*Apis mellifera* L.), Rallo (1986) señala que su actividad se ve influenciada por el viento, la temperatura y la luminosidad. A partir de velocidades de viento superiores a 18 km por hora, el pecoreo disminuye

ostensiblemente, cesando casi por completo al alcanzar 30 km por hora. El factor temperatura reduce los vuelos de pecoreo drásticamente cuando ésta desciende de un mínimo de 13° C. Con temperaturas entre 15° y 26° C las abejas desarrollan una mayor actividad, la cual decrece al disminuir las temperaturas. Por debajo de los 10° C la actividad es nula, y sobre los 32° C las abejas orientan su actividad al acarreo de agua para ventilar la colmena. En condiciones de vientos dominantes, bajas temperaturas y escasa iluminación, el trabajo de la colmena se desarrolla a escasos metros de la misma.

Atributos de un Buen Insecto Polinizador

Un insecto polinizador debe reunir una serie de condiciones, tales como ser una especie gregaria, preferir las flores de un cultivo intensivo concreto a otros, así como a la flora espontánea, coincidir su actividad máxima con la plena floración de ese cultivo, ser fácilmente manejables, y ser resistentes a parásitos y enfermedades (Rallo, 1986).

Invernadero

Un invernadero es una construcción cuyas paredes y techo son de vidrio o plástico translúcido, empleada para el cultivo y la conservación de plantas delicadas, o para forzar su crecimiento fuera de temporada. Los invernaderos están ideados para modificar la temperatura, humedad y luz para conseguir así condiciones ambientales similares a las de otros climas. La luz natural es suficiente en la mayoría de las regiones templadas, pero en las zonas donde el invierno ofrece pocas horas de sol se hace necesario el suministro de luz artificial, necesaria para el crecimiento de las plantas.

En verano, el calor interior se aminora tapando las cristaleras, abriendo los orificios de ventilación o haciendo circular aire fresco mediante cualquier otro sistema.

En invierno, casi todo el calor de un invernadero se obtiene de la radiación solar, pero también se puede procurar calor adicional a través de la aspersion de vapor, con agua hirviendo, o mediante un sistema de circulación de aire caliente. La humedad se puede controlar sobre todo a partir de la cantidad de agua del riego y de la ventilación.

Abeja europea (*Apis mellifera*)

La abeja europea (*Apis mellifera*), también conocida como abeja doméstica o abeja melífera, es una especie del orden Hymenoptera, suborden Apocrita de la familia Apidae. Es la especie de abeja con mayor distribución en el mundo. Originaria de Europa, África y parte de Asia, fue introducida en América y Oceanía. Fue clasificada por Carolus Linnaeus en 1758. A partir de entonces numerosos taxónomos describieron variedades geográficas o subespecies que, en la actualidad, superan las 30 razas.

Antecedentes

Se han encontrado antecedente de esta actividad en cavernas al sur de España, a las cuales se les atribuye una edad de más de 10 000 años, siendo en ese entonces la explotación por medio de colonias silvestres, considerándose como apicultura propiamente dicha a partir de que el hombre descubrió la forma de reutilizar las colonias de abejas (Schopflocher, 1996).

La abeja europea *Apis mellifera mellifera* se introdujo a la Nueva España por la región central del Altiplano entre 1760 y 1770 vía un puente marítimo (Florida-Cuba-México), el cambio de técnica y la transformación total de la actividad apícola se dio en el siglo XIX en gran parte de la península de Yucatán. Después de 1920 se introdujeron nuevas razas al país (Coronado, 1996).

Castas

Las abejas europeas son insectos sociales con tres diferentes tipos de individuos o castas en la colonia:

- Abeja obrera.
- Abeja zángano.
- Abeja reina.

Cada casta tiene su función especial y desarrollan un tipo de trabajo diferenciado en la colonia. La reina y las obreras son hembras y los zánganos son machos. Cada casta tiene un tiempo o ciclo de desarrollo diferente propio para cada especie y se cría en distintos tipos de celdas. El periodo de desarrollo de la abeja reina en el caso de *Apis mellifera* es de 16 días, las obreras 21 días y los zánganos 23 días. Para convertirse en reinas una larva debe ser nutrida con jalea real y ser alojada en una celda especial. También las larvas de las obreras comen en sus primeras fases jalea real, pero luego se les da otra dieta. Si una obrera come jalea real puede desarrollar sus posibilidades de poner huevos, pero no de aparearse con un zángano, por lo que sus huevos serán infecundos (es decir, darán lugar sólo a zánganos). Este fenómeno se puede producir en colmenas que han quedado privadas de reina (Burgett *et. al.*, 1993).

Reina

Cada colonia de abejas tiene una reina. La reina es una hembra. Su tarea más importante es poner huevos. Después de cinco días de vida, la virgen alcanza la madurez sexual y sale de la colmena para hacer su vuelo de fecundación. Al volar encuentra y se aparea con varios zánganos, o machos. Estos dejan su semen en la reina. La reina tiene dentro de su cuerpo una bolsa llamada espermateca, en la cual puede almacenar suficientes espermatozoides para el resto de su vida. En una semana puede salir dos o tres veces de la colmena para hacer su vuelo de apareamiento. La reina regresa a la colmena después de hacer el vuelo de fecundación y en una semana empieza a poner huevos. La reina pone huevos todos los días del año. Durante el flujo principal de néctar pone hasta 1500 huevos por días. Así aumenta la población de abejas. Una vez que empieza a poner huevos después de su vuelo de fecundación, ya no sale de la colmena para fecundarse otra vez.

Zángano

Macho de la colmena. Durante los meses en que hay flores, existe mayor abundancia de zánganos en cada colonia, ya que son temporadas de reproducción. La tarea de los zánganos es fecundar a la reina virgen. Los que la fecundan mueren, esto asegura no caer en consanguinidad. Los zánganos están incapacitados para recoger néctar de las flores por que tienen la lengua muy corta pero lo más importante es que carecen de aguijón. Al llegar la época de escasez de néctar, ya no hay reinas vírgenes para fecundar y las obreras sacan a los zánganos de la colmena. Cada ciclo de floración, la reina pone huevos de zánganos. Las obreras mantienen a los zánganos únicamente durante los meses del año en que son de utilidad, aparece con las reinas vírgenes.

Obreras

Son hembras infértiles de la colmena que producen solo zánganos al no ser fecundadas; pero en casos especiales, como cuando falta la reina, son capaces de desarrollar ovarios y poner huevos. Esta abeja posee otros órganos que no presenta la reina o los zánganos, permitiéndole realizar tareas necesarias para la vida de la colonia, las cuales dependen de su edad y desarrollo físico:

- 1-3 días. Limpian los panales de la colmena dando calor a los huevos y las larvas.
- 4-12 días. Son llamadas nodrizas por cuidar y alimentar a las larvas.
- 13-18 días. En este periodo producen cera y panales.
- 19-20 días. En esta etapa defiende la colmena colocándose en la entrada de ella, evitando la entrada de abejas de otras colonias.
- 21-38 hasta 42 días. Recolectan néctar, polen, agua y propóleos para cubrir las necesidades de la colmena (SAGARPA, 2008).

Cuadro 2. Periodo de desarrollo de las castas de *Apis mellifera*

Fase de desarrollo	Reina	Obrera	Zángano
Huevo	3 días	3 días	3 días
Larva	5 ½ días	6 días	5 ½ días
Pupa	7 ½ días	12 días	15 ½ días
Total	16 días	21 días	24 días

Fuente: SAGARPA, 2008

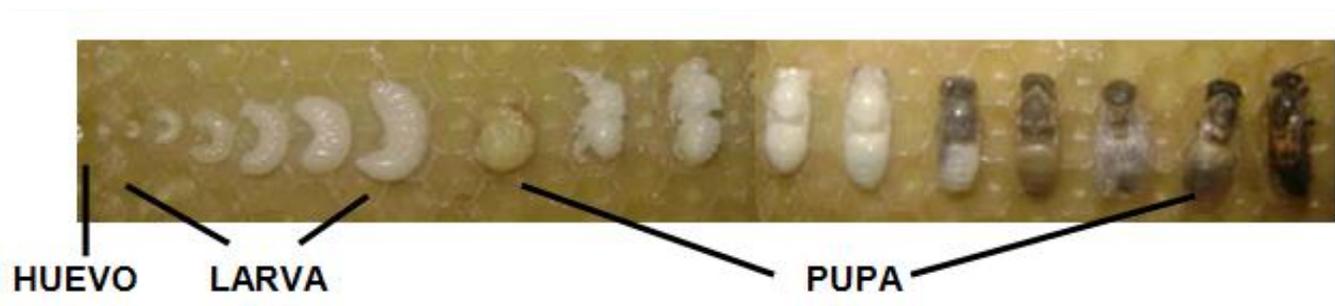


Figura 1. Esquema del ciclo de vida de *Apis mellifera*

Alimentación

Apis mellifera. Tanto las obreras como la abeja reina se alimentan de jalea real durante los primeros tres días del estado larval. Luego las obreras cambian por una dieta de polen y néctar o miel diluida, mientras que aquellas larvas elegidas para ser abejas reinas continúan recibiendo jalea real. Esto causa que la larva se convierta en pupa más rápidamente además de aumentar su tamaño y desarrollarla sexualmente. Los criadores de reinas consideran que una buena nutrición durante el estado larvario es de crucial importancia para la calidad de las reinas criadas, siendo otros factores importantes una buena genética y un número suficiente de

apareamientos. Durante los estados larvales y pupa, varios parásitos pueden atacar la pupa o la larva y destruirla o mutarla (Burgett *et. al.*, 1993).

Anatomía y fisiología de *Apis mellifera*

La abeja melífera es un organismo altamente especializado y por esta razón está provista de mecanismos y accesorios que le posibilitan la vida considerando como de especial importancia la estructura y las modificaciones de los órganos que adaptan a la abeja a su forma de vida y la diferencian de otros insectos.

El cuerpo de la abeja se encuentra dividido en cabeza, tórax y abdomen (ver figura 2). En la cabeza se encuentran los ojos, antenas y piezas bucales; en el tórax las alas y las patas; y en el abdomen las glándulas cereras y el aguijón (Root, 2002).

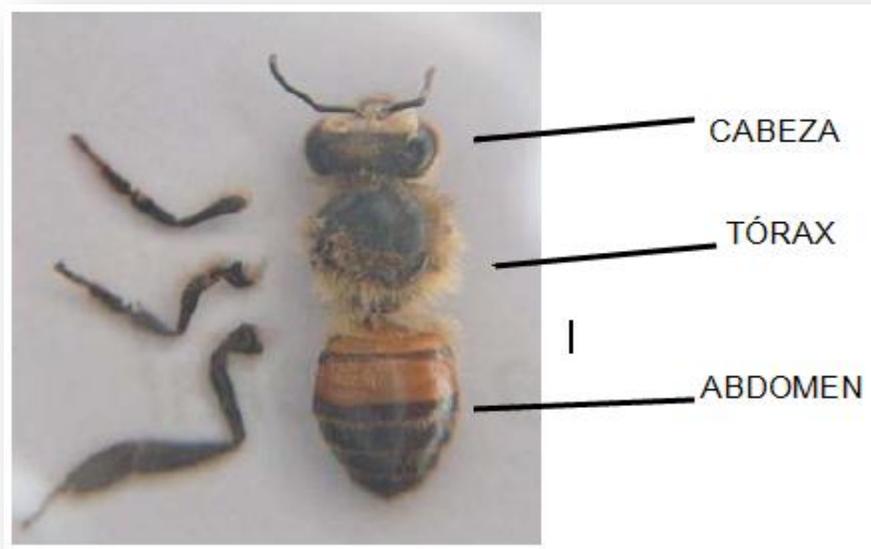


Figura 2. Anatomía externa cabeza, tórax y abdomen

Cabeza

La cabeza es de forma triangular en la reina y en la obrera; mientras que en el zángano es redonda. Consta de 6 segmentos que primitivamente estuvieron separados, pero que en la actualidad están fusionados. Cada una de las placas y escleritos que forman la cabeza tienen un nombre específico: la parte superior de la cara, entre los ojos compuestos, se llama frente y en ella se ubican los tres ojos simples u ocelos, la parte situada a ambos lados, por debajo y detrás de los ojos, es la gena; debajo de las antenas, entre la frente y el labro, la parte bien delimitada por surcos en forma de "U", se llama clipeo; de esta se encuentra suspendido el labro, y sirve también de sostén a importantes músculos de los órganos de la succión. El labro es algo así como la tapa de la boca y forma parte del aparato bucal. La parte posterior de la cabeza se denomina occipucio; tiene una perforación llamada foramen y se comunica con la cavidad torácica por intermedio de la nuca membranosa. La parte inferior del *occipucio* tiene forma de la "U" invertida y se llama probóscide. Allí se sitúan las piezas bucales. La cabeza de la abeja es de tipo hipognato, pues el eje cefálico forma un Angulo recto con el eje del cuerpo (Persano, 2002).

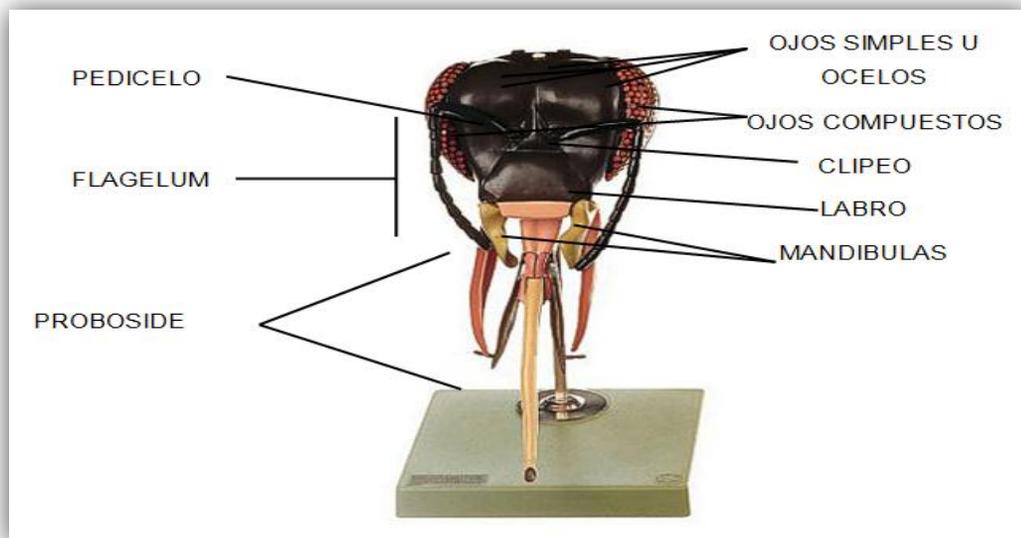


Figura 3. Partes externas de la cabeza

Antena

Estas se localizan a ambos lados y casi en el centro de la parte anterior de la cabeza, constan de una escopa basal y del flagelum. La base de la antena se conoce como pedicelo. El flagelum está dividido en 11 segmentos y en los machos en 12, existiendo múltiples órganos sensoriales, olfativos y de tacto en cada uno de estos segmentos.

Las antenas cumplen con una doble función ya que detectan sustancias químicas en dos escalas: a distancia y en las inmediaciones de la abeja ya que mientras vuelan pueden percibir humo, néctar, polen, feromonas, depredadores y en su plano inmediato pueden oler y tocar con las antenas (Pesante, 2003).

Ojos simples u ocelos

Se localizan en la parte superior de la cabeza y entre sí forman un pequeño triángulo. En el zángano están localizadas un poco más abajo pero aun así en la parte superior frontal, su función es percibir intensidad de luz y variaciones tanto diurnas como estacionales.

Ojos compuestos

Están localizados en la parte superior lateral de la cabeza, son los órganos externos de la cabeza que más espacio ocupan. Cada ojo está compuesto de múltiples estructuras conocidas como omatides, cada omatide es una unidad sensorial visual y consta de un lente, una célula cono y un nervio óptico. Cada córnea es hexagonal y está separada de corneas continuas por las células pigmentadas, cada córnea proyecta su propia imagen; en el zángano hay unos 7000-8000 omatides, en la obrera entre 4000-5000 y en la reina de 3000-4000. Estos ojos sirven para detectar movimiento y alertar de depredadores.

La mandíbula

Estas estructuras se suspenden en la parte inferior de la cabeza a los lados de la boca, detrás del *labrum*; cada mandíbula tiene movimiento lateral solamente, dentro de estas corre un canal que da salida a las secreciones mandibulares, las cuales son utilizadas para trabajar cera, comer polen y para cualquier trabajo que requiera morder (Pesante, 2003).

El cípeo y el labro

Estas estructuras en forma de placas están localizadas en la parte central inferior de la cabeza y protegen las partes bucales más delicadas; la placa superior es la más grande y se conoce como el cípeo y la inferior en forma de rectángulo el labro.

La probosis

Este no es un órgano como tal, está formado por un grupo de estructuras que se unen y tiene una función particular, por esta estructura retráctil se ingiere y regurgita néctar, agua o miel (Pesante, 2003).

Tórax

En el tórax encontramos las alas, las patas y las primeras conexiones externas del sistema respiratorio. El tórax se divide en cuatro diferentes segmentos; el protórax, el mesotórax, el metatórax y el propodeum estos escleritos están tan unidos, que cuesta distinguir sus límites. Los segmentos dorsales se conocen como notos, los ventrales esternos y los laterales pleuras.

El protórax está conectado al cuello y da soporte a la cabeza, en este se encuentra el primer par de patas; el mesotórax es el segmento más grande y contiene

el primer par de alas, el segundo par de patas y el primer par de espiráculos (los cuales conectan la tráquea con el exterior).

El metatórax contiene el segundo par de alas, el tercer par de patas y el segundo par de espiráculos, el propodeum se encuentra en la parte caudal del tórax y se considera parte de él, pero en realidad es el primer segmento del abdomen. Contiene el tercer par de espiráculos (los otros 7 están en los primeros segmentos del abdomen), el propodeum se reduce abruptamente a formar el petiolo abdominal (Pesante, 2003).

Las alas

Estas se forman por la unión de dos capas del exoesqueleto, fortalecidas por estructuras tubulares conocidas como venas, a través de las cuales fluye la hemolinfa. Las alas son una anterior y una posterior las cuales se unen al vuelo por dos ganchos llamados amulos, lo que hace que ambas alas batan al mismo tiempo como una sola, cuando no están volando las alas se doblan sobre el tórax y el abdomen, gracias a sus estructuras quitinosas y membranosas que actúan como músculos (Pesante, 2003).

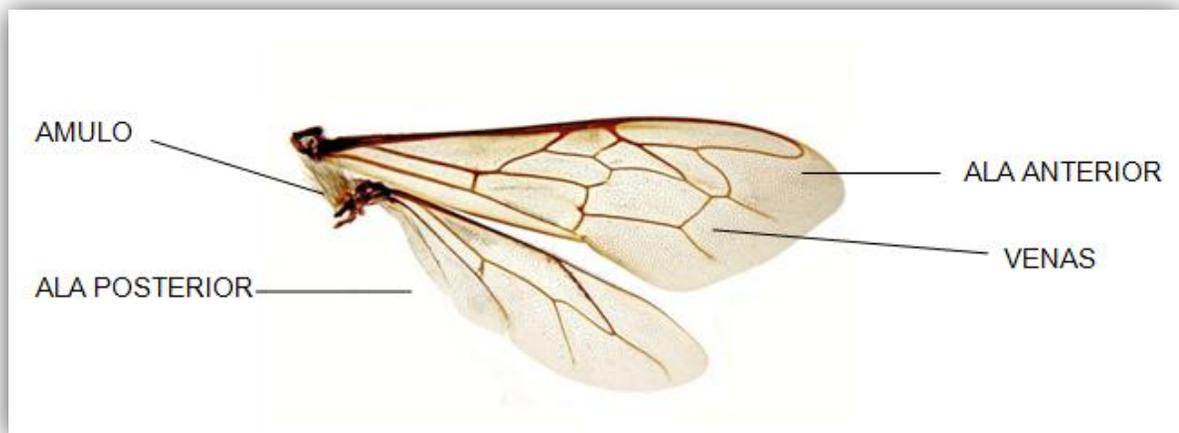


Figura 4. Estructura de las alas de *Apis mellifera*

Las patas

Las patas se encargan de la locomoción principalmente, aunque cumplen también otras funciones como recoger y cargar el polen y los propóleos, limpiar el cuerpo de polen y materias extrañas. Los tres pares de patas de la abeja varían en forma y tamaño pero se dividen en los mismos tres segmentos. El segmento más próximo al tórax es la coxa, el siguiente es el trocánter, el fémur, la tibia, el tarsos y el pretarsus (el pretarsus es un segmento pequeño que contiene dos garras y el *arolium*). Con las garras, la abeja trepa en superficies ásperas, mientras que los *arolium* los utilizan en superficies pulidas y en donde las garras no tienen encaje. Se cree que por las espinas de la planta, se secreta un líquido adhesivo que aumenta la tracción en las superficies pulidas.

El abdomen

Partes externas

En su parte externa se encuentran los órganos de acoplamiento así como las glándulas cereras, glándulas aromáticas y siete pares de espiráculos, el aguijón y las glándulas asociadas a la producción de veneno.

El abdomen consta de nueve segmentos, el primer segmento es el propodeum que propiamente se encuentra en el tórax, el abdomen se conecta al tórax por el petiolo abdominal y aunque el petiolo es tan fino, permite la flexibilidad para el momento de hundir el aguijón, así como facilitar la postura por parte de la reina.

Partes internas

El abdomen contiene las vísceras de la abeja. En esta parte se encuentra la mayor parte del sistema digestivo, órganos reproductores y glándulas accesorias (Pesante, 2003).

Morfología interna de *Apis mellifera*

Sistema muscular

El sistema muscular de las abejas se compone de distintos músculos estriados distribuidos por todo su cuerpo, los cuales se clasifican según su ubicación en: músculos del esqueleto, los cuales se encuentran en el cuerpo, patas y alas; y músculos viscerales, que se encuentran en el corazón, intestinos y algunos otros órganos internos.

Los músculos más desarrollados son los del vuelo, los cuales se muestran en estos músculos tienen características muy específicas tales como:

- Que todos son músculos estriados.
- Tienen un alto consumo de energía.
- La limitación que presentan las abejas al vuelo a diferentes temperaturas siendo la óptima para el vuelo entre 19-30 °C de temperatura torácica.
- Frecuencia de movimiento de 210 veces por segundo.
- Consumo de 10 mg de azúcar por hora de vuelo.

Sistema circulatorio

Este sistema se encarga de la detoxificación del organismo de la abeja, por medio del transporte de la hemolinfa por el organismo la que esta tiene como función atacar y digerir partículas extrañas (Pesante, 2003).

Los espacios en el cuerpo de la abeja que no están ocupados por tejidos u órganos, están bañados por la hemolinfa. Flotando en la hemolinfa hay numerosas células sanguíneas o hemocitos. En esto se parecen a los glóbulos blancos. Como parte de las funciones de estos hemocitos está la detoxificación, incluyendo en algunos casos, pesticidas.

La hemolinfa se mantiene en circulación a través del cuerpo mediante una estructura muscular, tubular, y por membranas vibrantes. La hemolinfa de la abeja es color ámbar claro. El tubo pulsátil hace las funciones de corazón y está localizado en la parte dorsal del cuerpo de la abeja, extendiéndose de la parte media del abdomen, al tórax y la cabeza donde vacía en la parte inferior del cerebro. La parte que se encuentra en el abdomen se conoce como corazón, y la parte que pasa por el tórax, aorta.

Los lados del corazón están perforados por cinco aberturas, las ostias. Por estas aperturas es que la hemolinfa entra al corazón de forma tal que la hemolinfa fluye de abajo y atrás hacia arriba y adelante. Esta membrana está controlada por una red de 5 pares de músculos que crean la cavidad pericardial. En la parte ventral del cuerpo, sobre el cordón nervioso, existe otra membrana o diafragma ventral. Esta es mucho más muscular que la dorsal y tiene movimientos rítmicos hacia atrás. La hemolinfa vacía en la cabeza donde riega todos la estructuras allí presentes y luego fluye hacia atrás pasando por canales específicos en el tórax y abdomen (Pesante, 2003).

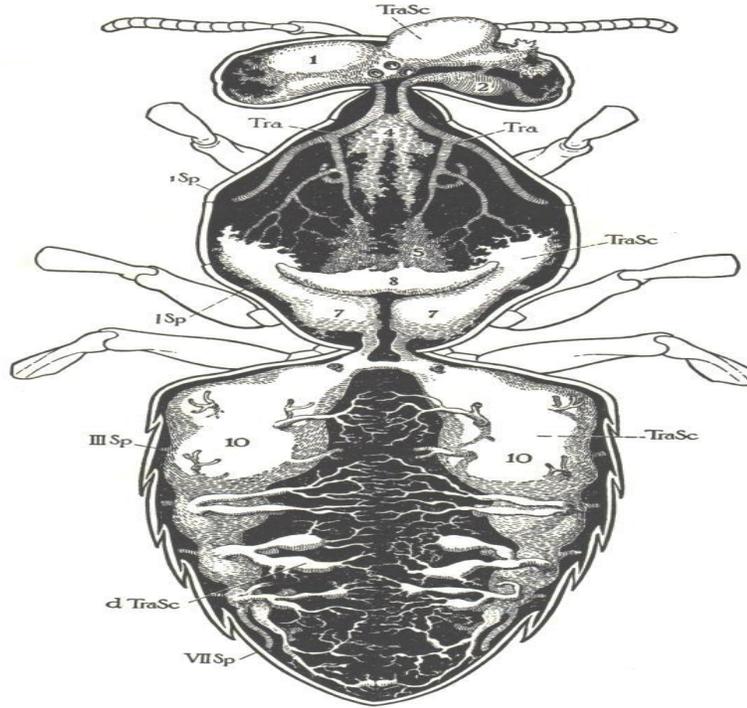
Esparcidas por la cavidad del cuerpo, se encuentran unas masas de células, blandas y blancas, los cuerpos grasos. Estas células contienen, embebidas en su citoplasma, gotas de aceite y glicógeno. Son por lo tanto tejidos para almacenaje de productos alimenticios. Estas están más desarrolladas en la larva y proveen alimento para la pupa, pues ésta última no se alimenta durante esta etapa de desarrollo.

Sistema respiratorio

El sistema respiratorio de la abeja está compuesto por un gran número de pequeños canales tubulares, multi-ramificados y de pared muy fina, que son introcrecimientos del integumento conocidos como, tráqueas (Pesante, 2003). Las ramificaciones terminales de las tráqueas llegan hasta la más diminuta célula del

cuerpo. La hemolinfa no transporta oxígeno otro que el que usan las células que carga la propia hemolinfa. El sistema de tráqueas de la abeja es muy elaborado, pero consiste en su mayoría de ensanchamientos de las tráqueas o sacos de aire.

Las tráqueas se comunican al exterior mediante los espiráculos. Existen 10 pares de espiráculos en la abeja, tres en el tórax y siete en el abdomen. La respiración es llevada a cabo mediante la contracción rítmica del abdomen. Las tráqueas de por sí son bastante rígidas y no permiten que haya mucho intercambio de gases con el exterior; sin embargo, los sacos de aire son blandos, colapsables y responden a cambios en presión generados por las contracciones y expansiones musculares del abdomen. En esta forma tienden a comportarse como pulmones. Los sacos de aire más grandes se encuentran en el abdomen; sin embargo, también los encontramos en el tórax como se muestra en la figura 5. Las tráqueas terminan en túbulos minúsculos, o traquéolos. Estos se embeben en las células y les hacen disponible oxígeno. El bióxido de carbono pasa en solución desde la hemolinfa y sale del cuerpo de la abeja por difusión (Pesante, 2003).



TraSc = sacos traqueales, Tra = tráqueas, Sp = espiráculos.

Figura 5. Estructura del sistema respiratorio de *Apis mellifera*

Sistema nervioso

Una característica distintiva de estos animales, es la capacidad de ajustar sus acciones según cambian las condiciones en su medio ambiente. Esto es posible ya que existen grupos de estructuras especializadas llamadas órganos sensoriales que hacen posible percibir estos cambios. Estos órganos están compuestos de células nerviosas. De éstas salen nervios sensoriales que llevan el mensaje al sistema nervioso central. Otro grupo de fibras nerviosas llamadas nervios motores llevan el mensaje del sistema nervioso central a los músculos o glándulas que evocan la respuesta necesaria. Un tercer grupo de fibras, las fibras de asociación conectan los terminales de los nervios que entran con las raíces de los nervios que salen.

De esta forma se establece un circuito completo donde: se detecta el estímulo; va al sistema nervioso central, donde es interpretado; y sale una respuesta eléctrica por los nervios motores hasta los músculos o glándulas que llevan a cabo la respuesta correspondiente (Pesante, 2003).

Sistema digestivo

Este sistema comienza con la boca. Esta abre en la cavidad de la bomba de succión y continúa con el esófago que pasa por el cuello y tórax, se expande en un saco fino localizado en la parte anterior del abdomen, el estómago o saco de néctar. Donde la abeja carga el néctar o agua, del campo a la colonia. Le sigue al saco de néctar el proventrículo, un canal angosto y muscular.

Luego del proventrículo sigue el ventrículo, o estómago propio. Siguiendo al ventrículo está el intestino, que se divide en dos áreas intestino anterior e intestino posterior o recto. Este último abre al ano. La estructura de la bomba de succión ha sido descrita en relación a las estructuras de la cabeza. El esófago es un tubo muscular, por donde el alimento es movido por ondas musculares que se mueven anteroposteriormente. En el saco de miel la abeja carga y almacena alimento. El proventrículo sirve como aparato regulador del alimento que entra en el ventrículo. La parte anterior del proventrículo que da al saco de néctar tiene una válvula en forma de X. Mediante esta válvula, sumamente muscular, la abeja puede selectivamente, remover el polen del néctar o miel y pasarlo al ventrículo, La parte anterior del ventrículo tiene una válvula que evita la regurgitación de material del estómago al saco de miel, Es en el ventrículo = mesenterón que se lleva a cabo la digestión y absorción de sustancias alimenticias. Las sustancias digeridas pasan por la membrana peritrófica, la cual es selectiva, y se mezclan con la hemolinfa. El intestino de la abeja su parte anterior y posterior o recto tienen como función remover agua y materiales de desperdicio.

En ecosistemas templados, durante el invierno, cuando la abeja no puede salir al campo a deshacerse de sus desechos metabólicos, los almacena en el recto, llegando este a ocupar una gran parte del abdomen. En la unión del intestino con el ventrículo, se encuentra una red de túbulos llamados *túbulos de Malpighio*. Estos son órganos de excreción y se extienden por toda la cavidad del cuerpo de la abeja. Tienen como función remover desperdicios y sales de la hemolinfa. Estos productos de desecho pasan por estos tubos al recto y de allí son eliminados (Pesante, 2003).

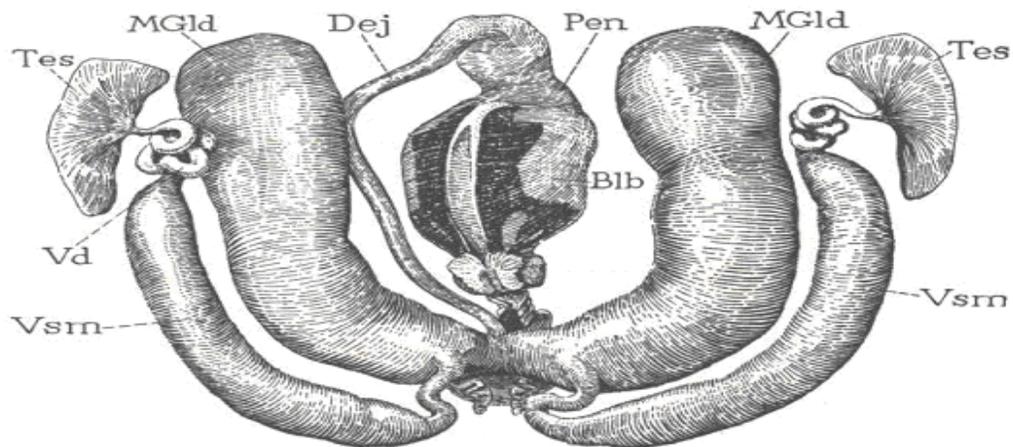
Sistema reproductivo

El sistema reproductivo está desarrollado sólo en la reina y el zángano, únicamente bajo condiciones especiales los ovarios de las obreras se desarrollan y hay puesta de huevos.

Sistema reproductor del macho

Los órganos masculinos que contienen las células reproductivas primarias y en las cuales se desarrollan los espermatozoides se conocen como testículos. En el zángano los testículos son un par de cuerpos chatos que se encuentran en el abdomen. De cada testículo sale un ducto llamado *vas deferens*. Este es enrollado en su comienzo pero luego se endereza y ensancha convirtiéndose en la vesícula seminal. La parte posterior de cada vesícula seminal penetra en una glándula mucosa, la cual es relativamente grande. Las glándulas mucosas se unen en un ducto común conocido como el ducto eyaculatorio. El ducto eyaculatorio abre en una estructura compleja conocida como pene. Se conoce como pene, a diferencia de otros insectos, ya que en la cópula el mismo es evertido y forma una estructura intromisora que sirve para descargar el semen en la vagina de la reina. Los espermatozoides bajan de los testículos a las vesículas seminales donde son almacenados por un tiempo, con sus cabezas embebidas en las paredes de estas. Durante la época reproductiva, los espermatozoides son movidos a través del ducto eyaculador, junto

con una secreción producida por las glándulas mucosas, a la vulva. Los espermatozoides están localizados junto con las secreciones mucosas en la vulva; sin embargo, estos no están mezclados con la mucosa si no que permanecen agrupados. Esto facilita su remoción cuando los mismos tienen que ser utilizados en la inseminación instrumental (Pesante, 2003).



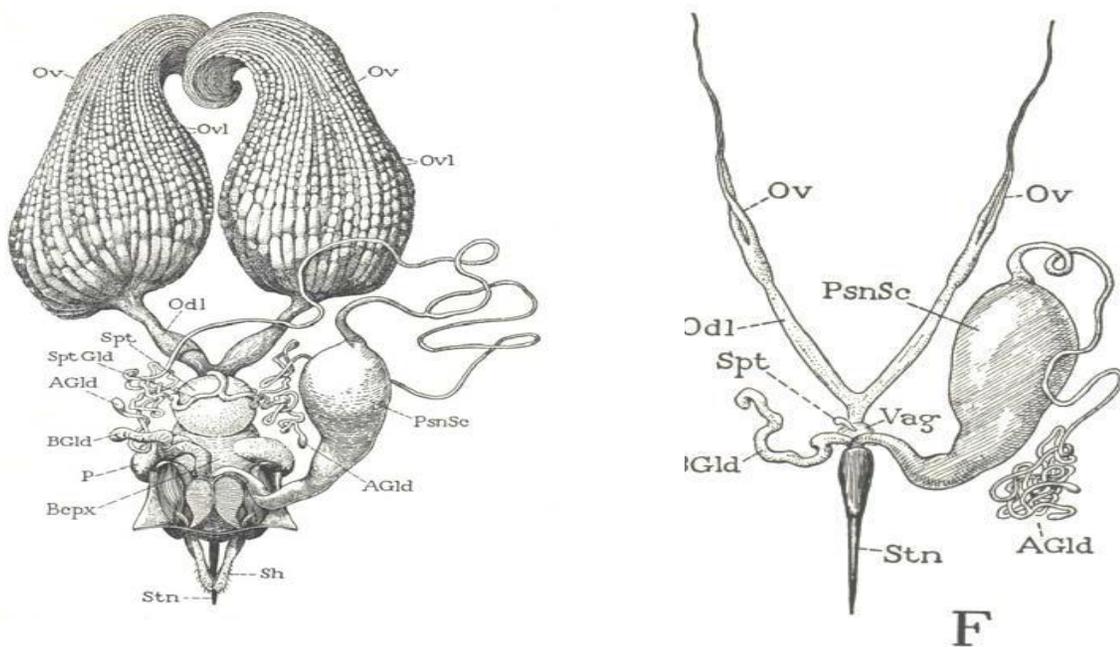
Dej = ducto ejaculador, MGld= glándula mucosa, Tes= testículos, Vd= Vas Deferens,
 Wsm = vesícula seminal, Pen = pene, Blb = bulba

Figura 6. Estructura del sistema reproductor del macho de *Apis mellifera*

Sistema reproductor de la hembra de *Apis mellifera*

En la hembra las células primarias se conocen como ovarios y en ellos se producen los huevos. Los ovarios de la reina son dos pares de estructuras masivas en forma de pera. Los ovarios están compuestos de estructuras tubulares conocidas como ovariolos. En la parte posterior de cada ovario los ovariolos se unen en un ducto común llamado oviducto lateral. Estos a su vez se unen en el ducto común. El ducto común se ensancha en su parte distal para formar la vagina, la cual abre al exterior por el orificio medio, localizado en la base de la ponzoña. En la parte dorsal de la

vagina se encuentra el receptáculo seminal o espermateca, es aquí donde la reina almacena el abasto de espermatozoides a ser utilizados posteriormente en la fertilización de huevos. Los órganos reproductores de la obrera están atrofiados por control feromonal del ácido oxo-decenoico producido en las glándulas mandibulares de la reina. Cuando la reina muere, desaparece la fuente de esta feromona y luego de varios días los ovarios de las obreras se van desarrollando e inclusive éstas llegan a poner huevos. Dado el caso de que no hubo cópula y de que por lo tanto no tienen un abasto de espermatozoides, los huevos no pueden ser fertilizados por lo que todo lo que nacerá serán machos. El zángano se desarrolla por partenogénesis.



Ov= ovario, Ovl= ovariolo, Odl= oviducto lateral, Debajo de la espermateca está el oviducto común, Spt= espermateca Izquierda= reina, derecha= obrera

Figura 7. Estructura del sistema reproductor de la hembra de *Apis mellifera*

Sistema glandular

Una glándula es una formación orgánica especializada, o un conjunto de células diferenciadas del tejido epitelial, encargada de elaborar, segregar y excretar ciertas sustancias que intervienen de forma exclusiva en determinados procesos fisiológicos.

Ritter (2001) menciona, que las abejas cuentan con varios sistemas de glándulas, que sirven solo al individuo o bien a la comunidad. Las glándulas solo pueden desarrollarse correctamente si las abejas recibieron suficiente alimento de buena calidad durante la recría, más tarde, el funcionamiento de estos órganos también puede verse alterado con una alimentación deficiente, ya que entonces se consume el tejido graso que participa en la elaboración de secreciones.

Glándulas hipofaríngeas

Se localizan en la cabeza de las abejas obreras, de forma esférica, muy desarrolladas en la etapa de nodrizas. En la reina son rudimentarias y en el zángano no existen. Sus células secretoras se agrupan en forma de racimos y vierten su secreción en la parte inferior de la laringe por medio de un conducto central. Aquí se acantona el virus de la cría sacciforme. El producto de la secreción sirve de alimento a las larvas en sus tres primeros días de vida y a la reina durante toda su vida. Cuando la edad de las abejas avanza, estas glándulas pierden su funcionalidad, su volumen disminuye comenzando a producir la invertasa, necesaria para provocar el desdoblamiento de los azúcares del néctar (Pesante, 2003).

Glándulas salivales

Estas glándulas se encuentran en la cabeza y en el tórax (postcerebrales o torácicas). Los dos conductos comunes vierten la saliva (líquido acuoso ligeramente alcalino), a ambos lados de la lengua. La saliva ayuda a diluir la miel y disolver los

cristales de azúcar, además de humedecer las sustancias (polen en el momento de la recolección). Contiene enzimas encargadas de la transformación del néctar y los mielatos en miel. En las glándulas torácicas se acartonan los virus de la parálisis aguda (Pesante, 2003).

Glándulas mandibulares

Se sitúan en la cabeza de las abejas obreras y de la reina (los zánganos carecen de ellas). El conducto excretor vierte en el interior de las mandíbulas. En las abejas obreras produce una fracción de la jalea real y en la reina secreta una feromona que juega un importante papel en la cohesión social de la colonia (efecto aglutinante de las obreras, inhibición de la construcción de realeras, atracción de los zánganos en los vuelos de acoplamiento) (Pesante, 2003).

Las glándulas de la mandíbula superior tienen en la reina una función completamente distinta de la que desempeñan en las obreras en la reina producen la llamada sustancia real, de gran importancia para el mantenimiento conjunto de la colmena. Las obreras utilizan una secreción de composición parecida como medio de solución para la cera, polen y propóleos (Ritter, 2001).

Glándulas de los jugos alimenticios

Estas glándulas son pares y están colocadas a ambos lados de la cabeza, en las obreras jóvenes, aparecen máximamente desarrolladas en la época de cuidado de la cría. Las glándulas segregan sustancias proteicas, grasas y minerales, así como enzimas y vitaminas. Estos valiosos componentes se incorporan al alimento rico en hidratos de carbono, constituyendo un alimento que se administra en variable concentración a la cría abierta, y también a la reina y a los zánganos. Más tarde involuciona estas glándulas, pasando a producir solo enzimas. En las obreras viejas, estas glándulas pueden regenerarse en caso necesario, aunque sin alcanzar los niveles de producción anteriores. Las glándulas productoras de jugos nutricionales

solo se desarrollan correctamente cuando las abejas disponen de suficientes sustancias proteicas (Ritter, 2001).

Glándula odorífera de Nasanoff

La glándula odorífera o de Nasanoff, se ubica en la parte dorsal del abdomen, o sea en la cara anterior del VII tergito abdominal. En descanso está cubierta por el tergito anterior, y solo cuando la abeja dilata el abdomen y adopta la posición característica de "llamada", es decir cuando evagina la glándula, esta se ve en forma de una raya blanca, denominada surco o canal odorífero. La sustancia liberada actúa a manera de transmisor químico, y la abeja la utiliza tanto para la marcación de fuentes de alimento como para identificar los individuos de una misma colonia (Persano 2002).

Glándulas endocrinas

Ritter (2001) mencionó, que las glándulas endocrinas carecen de conductos excretores, vertiendo su secreción directamente en la hemolinfa. Estas secreciones, son las llamadas hormonas, que gobiernan los procesos metabólicos, el comportamiento, la muda y el desarrollo de las crías.

Persano (2002) mencionó, que los insectos poseen genes, que son los responsables del crecimiento y de las características de la larva, la pupa y el insecto adulto. Una hormona denominada neotenina regula la actividad de varios genes, accionándolos en el momento oportuno. Otra hormona, la ecdisona, promueve las mudas, iniciando de esta forma una nueva fase de desarrollo y crecimiento. La hormona neotenina se produce durante el estado larval. Cuando su concentración cae por debajo de determinado nivel, comienza la pupación y por último, cuando cesa de producirse, se desata la acción de los genes del imago. La hormona neotenina la producen los cuerpos alados (Corpora alata). Si se extirpan los cuerpos alados se inicia

inmediatamente la pupación. Dichas glándulas persisten en el insecto adulto cumpliendo otras funciones, como el control general del metabolismo del insecto.

Glándula cerera

En la parte anterior de las externitas de los segmentos IV al VII se encuentran las glándulas cereras, formando en total 4 pares uno por cada segmento. En cada esternito hay dos zonas de color claro denominadas "espejos de la cera", que llevan poros por donde sale la secreción grasosa de las glándulas cereras, ubicadas en la parte interna de cada esternito (Pesante, 2003).

Las escamas o placas de cera, las llevan las abejas a la boca con el segundo par de patas y con las mandíbulas las amasan y moldean para posteriormente ir construyendo los panales (Pesante, 2003). Las escamas tienen forma de pentágono irregular y son muy pequeñas, pesando cada una 0,0008 g con lo que se necesitan aproximadamente 1,250.000 escamas para producir 1 Kg. de cera. Solamente las abejas poseen glándulas cereras, las cuales empiezan a funcionar aproximadamente a los 12 días de vida y terminan a los 20 días, cuando se convierten en pecoreadoras. Para fabricar cera, las abejas tienen que consumir mucho polen y miel, cuando las colmenas están flojas consumen unos 15 Kg. de miel y polen para producir 1 Kg. de cera. Por el contrario cuando la colmena está fuerte, consume solamente unos 10 Kg. de miel y polen.

Sistema defensivo o vulnerador

El aparato de defensa es indispensable para la supervivencia de la especie. Sin él, la atracción que la miel tiene para el hombre y otros animales habría desaparecido hace siglos. Este órgano de defensa está compuesto fundamentalmente por el aguijón y la bolsa de veneno.

La ponzoña o aguijón es similar en estructura a un ovipositor. Esta estructura sólo la tiene la hembra. En los Himenópteros, la ponzoña ha evolucionado hasta convertirse en un aparato para inyectar veneno. La ponzoña está localizada en una cámara en la parte terminal del abdomen. La aguja de la ponzoña parece ser sólida pero en realidad está compuesta de tres partes movibles, un estilete y dos lancetas. El estilete termina en punta fina pero en su parte proximal es bastante ancha, en su parte interior recibe el veneno. Las lancetas son largas, esbeltas, puntiagudas y corren a lo largo de la parte inferior del estilete. En el medio de estas tres estructuras se forma un canal por donde pasa el veneno. La abeja encorva el abdomen hacia abajo, expone la ponzoña, y la hunde en la piel del agresor. Las lancetas y el estilete tienen, a lo largo de su borde una serie de espinas que facilitan su anclaje en la piel. Por medio de acción muscular, las lancetas se mueven, en forma alterna hacia adelante, penetrando cada vez más en la piel (Pesante, 2003). El veneno sale a la víctima por unas hendiduras en los costados terminales de la ponzoña. La misma sigue bombeando veneno y penetrando aún cuando es desgarrada de la abeja.

El veneno es producido en dos glándulas, la principal es la glándula ácida, mejor conocida como el saco de veneno, la cual produce ácido fórmico. La segunda es la glándula básica. En el saco de veneno se almacenan las secreciones de ambas glándulas; de esta forma, siempre existe una reserva de veneno para uso inmediato. El veneno es chupado o succionado por acción de las lancetas y una serie de válvulas, del saco de veneno a la base del estilete y finalmente pasa por el canal formado por el estilete y las lancetas. La reina ha evolucionado con ponzoña menos armada de espinas pues ésta es utilizada en el combate con otras reinas y el fin es el de eliminar al adversario, y no morir en el proceso. Por el contrario, la obrera muere al picar. La ponzoña de la reina es mucho más larga que la de las obreras y no tiene tantas espinas en sus costados. En la ponzoña se produce una feromona que tiene un efecto muy importante sobre las abejas de la colonia y de colonias vecinas. Esta es la feromona de alarma, su componente principal es el acetato de iso-pentilo. Esta feromona; alarma y alerta a las obreras; estimula el comportamiento de picar, pero su función más importante es la de identificar a la víctima a ser picada. Esta feromona sigue

activa luego de picar a un agresor, las demás abejas se orientan a la fuente de feromona y van a picar al área donde se encuentra la ponzoña. Las abejas de una colonia pueden ser alertadas sin que una abeja pique a un agresor. Se observará, que en ciertas ocasiones las obreras exponen el abdomen al aire y sacan la ponzoña, percibiéndose en la mayoría de los casos una pequeña gota de veneno en su punta (Pesante, 2003).

Ubicación taxonómica

Clasificación científica

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Suborden: Apocrita

Superfamilia: Apoidea

Familia: Apidae

Subfamilia: Apinae

Tribu: Apini

Género: *Apis*

Especie: *A. mellifera*

Linnaeus, 1758.

Principales razas de *Apis mellifera*

Caucásica (*Apis mellifera caucásica*)

Esta abeja es originaria de los altos valles del Cáucaso central, su forma y tamaño es similar al de las Carniolas y su color tiende a ser marrón, en ocasiones con manchas marrones sobre las primeras franjas del abdomen con pelos que cubren su cuerpo de color gris plomo. Es muy mansa y produce colonias potentes. Alcanza su pleno desarrollo en verano y se consideran enjambradoras. Sus defectos principales son la tendencia a propolizar en exceso los elementos de la colmena, la construcción de opérculos planos y oscuros, la tendencia a desorientarse y pillar, además de ser muy sensibles a Nosemiasis y no ser grandes productoras de miel.

Carniola (*Apis mellifera cárnica*)

Esta raza proviene de los Alpes austriacos de Yugoslavia y del valle del Danubio (Hungría, Rumania y Bulgaria), es parecida a la italiana, ya que esta cubierta de pelos cortos y abundantes, los zánganos tienden a ser gris o de un color gris amorronado. Es reconocida por su mansedumbre y se dice que es una de las abejas más dóciles que existen. Inverna bien, ya que su consumo de reservas en esta época es muy limitado, propóliza poco y no es propensa al pillaje. Es muy resistente a las enfermedades y tiene una lengua muy larga. Su principal defecto es la tendencia a enjambrar debido a su acelerado desarrollo en épocas de floración (Root, 2002).

Europea o abeja negra (*Apis mellifera melifera*)

Fue la primera abeja que se introdujo en América, proviene de Inglaterra, Holanda, Alemania y Francia, se cree que las abejas holandesas no eran negras sino marrón. Esta abeja varía en aspecto y temperamento de acuerdo con el lugar de origen, tiene cuerpo grande, tiene Alas angostas, pelos largos y color uniforme (en

algunas ocasiones manchado), casi nunca presentan franjas bien marcadas, es conocida por su laboriosidad y su temperamento nervioso (Root, 2002).

Italiana (*Apis mellifera ligustica*)

Procede del norte de Italia, se caracteriza porque los primeros anillos del abdomen son amarillos en las obreras. Es laboriosa, mansa y poco enjambradora, saca partido de las mieladas cortas, tiene tendencia a la deriva y construye pocas celdas reales. La reina es amarillo cobriza y se deja observar fácilmente (Coronado, 1997).

Africana (*Apis mellifera scutellata*)

Se origina de las regiones templadas semiáridas y sábana del África central, donde las condiciones ambientales poco estables y alta densidad de depredación, influyeron en el desarrollo de un comportamiento altamente defensivo con capacidad de reproducción en periodos cortos y emigración a lugares con más néctar, ocasionando decremento por africanización en cuanto a producción de 85% (Coronado, 1997). En 1956 la abeja africana fue llevada a Brasil, de donde escaparon 26 enjambres en 1957, llegando a Panamá en 1982 y a México por la frontera de Guatemala a Chiapas en 1985, cruzando los límites de Texas en 1991.

Importancia como polinizador

La apicultura es una de las actividades industriales más antiguas del hombre, teniendo su origen en el lejano oriente. Se conocen datos de esta práctica en tumbas del antiguo Egipto, China y Persia (Baltierra, 2003).

Los primeros registros que ponen de manifiesto la importancia de las abejas melíferas para el ser humano, son frescos mesolíticos que datan aproximadamente 15,000 años en una caverna en Altamira, España y en Lascaux, Francia; y otros que datan de aproximadamente 6,000 años en una cueva en Valencia (Bicorp), España y de la misma antigüedad en una cueva en Tandjesburg, África del Sur. La importancia de la polinización como tal fue plasmada en roca hace unos 5,000-6,000 años, en Egipto. Ya en esa época se observan imágenes en relieve de individuos sacudiendo racimos de flores macho sobre racimos de flores hembra de la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* (L.)). Sin embargo, hoy en día, aunque contamos con grandes avances tecnológicos, la literatura científica hace referencia a la polinización como el factor agronómico olvidado (Sanford, 1992). Algunas abejas europeas poseen conductas que las hacen excelentes polinizadoras de diversos cultivos, entre ellos el cultivo de tomate. Dada la importancia que ha adquirido el uso de polinizadores, en varios países se ha desarrollado la técnica de domesticación. En México como en muchos países se utiliza a las abejas, con la finalidad de polinizar los cultivos y obtener los mejores rendimientos. Por esta razón, la industria alimentaria está poniendo sus ojos en la apicultura y sus abejas para polinizar los cultivos. Actualmente la abeja *Apis mellifera* es utilizada como una alternativa de insecto polinizador, debido a los altos costos de introducir abejorros polinizadores en los cultivos. En las zonas de clima templado se ha estimado que 70%-95% de los insectos polinizadores son himenópteros, género del que sobresalen las abejas solitarias, los abejorros y, sobre todo, las abejas de la miel (*Apis mellifera*). La abeja es considerada como la más eficiente polinizadora: en estudios realizados por corpoica de cada 100 insectos visitantes, entre 70 y 80 son abejas (*Apis mellifera*), proporción que ha venido en aumento hasta alcanzar 90% del total de insectos observados. Esto se debe principalmente a la desaparición de especies polinizadoras silvestres como abejorros, abejas solitarias, avispa, dípteros, y coleópteros. La abeja, por su gran capacidad de adaptación a cualquier tipo de flora y su fidelidad a una especie floral dada, se convierte en uno de los más eficientes polinizadores, ya que, al realizar la recolecta de néctar y polen necesario para el mantenimiento de la colonia, aloja en su cuerpo piloso miles de granos de polen que transporta hasta el estigma de

otra flor. Desde el punto de vista de la eficiencia en la polinización de cultivos, son más importantes las abejas recolectoras de polen que las recolectoras de néctar, ya que las primeras ingresan a las flores por el medio teniendo más contacto con el polen que las abejas recolectoras de néctar que ingresan por el costado de la flor sin tocar el polen.

Los beneficios económicos estimados por el incremento de las cosechas en campo gracias a la acción de las abejas es de unas 14 veces el valor total de la producción apícola de una explotación, por lo que en algunos países las abejas son estimadas más por la polinización que realizan en los cultivos que la misma producción apícola.

La agricultura es la principal beneficiaria de los servicios polinizantes realizados por las abejas *Apis mellifera*.

Efectos negativos de los pesticidas sobre agentes polinizadores

Sin embargo, que no quepa la más mínima duda de que la abeja melífera es el agente polinizador más cosmopolita y el más utilizado en aquellos cultivos que requieren o se benefician de insectos para el cuaje de semilla, vegetal o fruta. Por último, el número de polinizadores que se observan en un predio de siembra ha venido disminuyendo con los años como resultado del uso de plaguicidas y de la modificación y destrucción del hábitat natural (Kevan, 2001). Los recientes descensos en las poblaciones de abejas y la creciente demanda de los cultivos de insectos de polinización aumentan las preocupaciones sobre la escasez de polinizadores. La exposición a pesticidas y patógenos interactúa para causar fuertes efectos negativos en las colonias manejadas de abejas.

Las colonias en las colmenas pueden ser afectadas directamente por los pesticidas, pero con mayor frecuencia sólo las abejas pecoreadoras mueren en

campo o sus funciones fisiológicas se ven afectadas. Sin embargo, si las abejas pecoreadoras mueren, la colonia en su totalidad es afectada, ya que son las responsables de mantener el ingreso de alimento a la colmena (kevan, 1999).

Investigaciones recientes están descubriendo diversos efectos subletales de los plaguicidas sobre las abejas. Los insecticidas y fungicidas pueden alterar los insectos y la actividad enzimática, el desarrollo, el comportamiento de oviposición, las proporciones de sexos en la descendencia, la movilidad, el vuelo y la orientación, el comportamiento de alimentación, el aprendizaje y la función inmune. El funcionamiento de inmunidad es de particular interés debido a los recientes descensos de poblaciones relacionados con la enfermedad de las abejas. La exposición a plaguicidas aumenta la susceptibilidad a la toxina y la mortalidad por enfermedades en el intestino causada por el parásito *Nosema* spp. Estos incrementos pueden estar vinculados a alteraciones inducidas por el insecticida en las vías del sistema inmune, que han sido encontrados para varios insectos, incluyendo las abejas de miel (Pettis *et al.*, 2013).

Descripción de los insecticidas

Organoclorados

Este grupo de insecticidas se caracteriza porque presentan en su molécula átomos de carbono, hidrogeno, cloro y ocasionalmente oxígeno; contienen anillos cíclicos o heterocíclicos de carbono; son apolares y lipofílicos; tienen poca reactividad química. Son altamente estables, característica que los hace más valiosos por su acción residual contra insectos y a la vez peligrosos debido a su prolongado almacenamiento en la grasa de los mamíferos (Lagunes *et al.*, 1994).

Endosulfan

El endosulfan es un insecticida neurotóxico que pertenece al grupo de los Organoclorados. Es un Insecticida con propiedades de acaricida, actúa de contacto e ingestión y a temperaturas mayores a 22° C a través de su fase gaseosa, debido a la fase de gas del endosulfan, que se desarrolla a temperaturas mayores a 22° C (DEAQ, 2004).

Modo de acción: Bloquean la transmisión del impulso nervioso a nivel neuromuscular, es decir, bloquean el flujo clorinado dependiente del ácido gamaminiburítico (GABA) hacia el complejo acarreador de iones del receptor clorinado de GABA, este ácido es el encargado de realizar la transmisión nerviosa entre la célula nerviosa activadora y los músculos receptores de la orden de contracción (Soderlund *et al.*, 1989).

Piretroides

El piretro natural fue descubierto hace muchos años el cual es un extracto de las cabezas florales del crisantemo (*Chrysanthemum cinerariifolium*), que se ha usado como insecticida desde el año 400 A. de C. este extracto fue introducido a

Europa en el siglo XVIII, que cobró gran interés por su excelente acción insecticida, lo que ha conducido al establecimiento de las piretrinas (término genérico para los seis productos químicos activos que los constituyen). Se sabe que son muy tóxicas para los insectos, produciendo en ellos una acción rápida de parálisis conocida como “efecto de derribe” y con baja toxicidad para los mamíferos y las plantas (Cremllyn, 1995).

El primer piretroide sintético comercial fue la aletrina descubierta en 1949 aunque muy poco eficaz, y fue en 1965 cuando apareció la tetrametrina. En 1967 se anunció el descubrimiento de la resmetrina, posteriormente se sintetizó la fenotrina aunque un poco inestable, sin embargo, en la década de los setentas se logró la síntesis de compuestos que superaban la inestabilidad en el medio ambiente y con las características deseables del piretro natural como lo fue la Permetrina al que se le agregaron moléculas de cloro para lograr mayor estabilidad (Lagunes *et al.*, 1994).

Modo de acción: Los piretroides afectan el sistema nervioso tanto central como periférico. Causando que el potencial de acción de sodio se prolongue, lo que pudiera ser la causa de las descargas repetitivas que se observan en el impulso nervioso (Narahashi, 1971). Los piretroides presentan mecanismos de acción que afectan básicamente el sistema nervioso periférico, al bloquear, los impulsos eléctricos a nivel de su transmisión final finalizando con parálisis nerviosa que se debe a cambios que se producen en la membrana. Al ser bloqueados los canales de sodio, alteran la conductividad del ion en tránsito (Soderlund *et al.*, 1989). La aplicación de concentraciones mayores de piretroides da como resultado el bloqueo total de la transmisión del impulso nervioso (Cremllyn, 1995).

Bifentrina

Piretroide no sistémico con actividad insecticida y acaricida por contacto e ingestión. Posee buen efecto de choque y alta persistencia: 3 semanas o superior. Producto con actividad sobre numerosas plagas de insectos de la parte aérea de los

cultivos. Resulta muy efectivo sobre ácaros, si bien tiene un cierto efecto ovicida sobre ácaros, es más eficaz en la eliminación de larvas jóvenes, ninfas y adultos. Ha sido desarrollado principalmente para su aplicación por vía foliar. Por su solubilidad en agua [Koc 1.31-3.02x10⁵] su potencial de translocación es prácticamente nulo. Es muy poco móvil en suelos arenosos, e inmóvil en limo-arcillosos y arcillosos. No se elimina por escorrentía o lixiviación. En el suelo se degrada a ritmo lento. Su vida media en el campo es de 7-62 días según tipo de suelo. Se le considera moderadamente persistente (hasta 32 semanas).

Neonicotinoides

Los neonicotinoides son una de las más nuevas clases de insecticidas, sintetizados a partir de la nicotina natural y con un nuevo modo de acción. Estos compuestos actúan sobre el sistema nervioso central de los insectos, más específicamente a nivel de los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR), resultando en la excitación y parálisis seguido de muerte. Los neonicotinoides son considerados compuestos principales para el control de plagas succionadoras como moscas blancas y pulgones (Thompson, 2003)

Imidacloprid

El Imidacloprid fue introducido en Europa y Japón en 1990, y fue registrado por primera vez en los EEUU en 1992. Es un insecticida sistémico que tiene características de buena acción sistémica por la raíz y una notable acción de contacto y estomacal. Se usa para tratamiento del suelo, de semilla y foliar en diferentes cultivos, con alto poder residual. Imidacloprid fue restringido su uso en muchos cultivos debido a su alta toxicidad para abejas y polinizadores. A raíz de esto surgieron nuevas moléculas entre las que podemos destacar: acetamiprid, tiametoxan y tiacloprid. Los registros de estos neonicotinoides fueron otorgados en el 2002 en los EEUU (Ware y Whitacre, 2004). Modo de acción: por contacto directo o ingestión al

alimentarse la plaga de la savia o tejidos de la planta. Interfiere agonísticamente con los receptores nicotínicos de la acetilcolina en el sistema nervioso del insecto.

Inhibidores de la quitina

Las benzoilúreas o inhibidores de la síntesis de quitina, funcionan como reguladores del crecimiento de los insectos, interfiriendo con la síntesis de la quitina. Su principal mecanismo de entrada es por ingestión. Su mayor efectividad se presenta en larvas de lepidópteros y coleópteros al producir una ruptura de la cutícula, afectando su capacidad de alimentarse (Ware y Whitacre, 2004). Estos productos no son neurotóxicos y son deseables en programas de manejo integrado (Palumbo et al., 2001). Existen dos tipos de inhibidores de quitina, las benzofenil ureas y el buprofezin (Ishaaya y Degheele, 1997).

Buprofezin

El buprofezin es un derivado de la tiadiazina y es el único miembro derivado de este producto, Su mayor efectividad se presenta en larvas de lepidópteros y coleópteros al producir una ruptura de la cutícula, afectando su capacidad de alimentarse (Ware y Whitacre, 2004). El buprofezin suprime la embriogénesis y formación de progenie; no es propiamente un ovicida, ya que suprime la embriogénesis a partir de los adultos tratados con este producto (Ishaaya y Degheele, 1997; Ishaaya *et al.*, 1988). Este insecticida es una herramienta eficaz contra insectos como escamas, moscas blancas, saltamontes, entre otros, por lo tanto es necesario establecer programas de manejo de resistencia que promuevan la alternancia de producto.

Por el modo de acción de estos productos y la especificidad para usarse en determinados estados de desarrollo del insecto, es necesario comprender la biología de los individuos y el momento adecuado para usarlos (Palumbo *et al.*, 2001).

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Toxicología en el Departamento de Parasitología que se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en el ciclo correspondiente a los meses de Enero a Junio del 2013.

Material Biológico

Para poder llevar a cabo la realización de este proyecto fue necesario adquirir cuatro núcleos de *Apis mellifera* en la empresa Apícola Monte alto, que se encuentra ubicada en la sierra del municipio de Xicotepec, en el estado de Puebla. Los núcleos mencionados fueron adquiridos en el mes de Marzo, dichos núcleos fueron introducidos a cámaras de cría comerciales, de 10 bastidores y fueron alimentadas una vez a la semana con una preparación de un jarabe que llevaba en proporción 50% agua hervida y 50% azúcar de caña, ayudando al incremento de la población. Las colmenas se establecieron en terrenos de la UAAAN, que se localizaban entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm., con una temperatura media anual de 19.8° C.

Plaguicidas utilizados

Se determino la selección de los plaguicidas evaluados de acuerdo a visitas previas a los productores de tomates dueños de invernaderos, quienes mencionaron cuales productos eran los más utilizados en el manejo del cultivo. Una vez obtenida esta información se procedió a la adquisición de los productos Thiodan® 35 CE (Endosulfan), Talstar® 100 CE (Bifentrina), Applaud® 40 SC (Buprofezin), Confidor® 70 WG (Imidacloprid).

Método de Bioensayo

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó el método de bioensayo de dieta envenenada (OECD, 1998). Utilizando diferentes concentraciones.

Método de bioensayo de dieta envenenada (OECD, 1998).

Para la realización del bioensayo de dieta envenenada, primero se ubicaron las concentraciones las cuales se obtuvieron mediante un estudio previo denominado ventana biológica, que nos proporcionó información para partir de una concentración adecuada. Para la obtención de las soluciones a diferentes concentraciones se partió de una solución madre de 1000 ppm, que fue diluida en la dieta de la abeja, la cual consistió en preparar un litro de solución al 50% de fructosa para obtener las concentraciones deseadas. Dichas diluciones se hicieron justo en el momento de realizar el bioensayo con el fin de evitar la fermentación.

Se realizaron tres repeticiones por tratamiento y un testigo. El recipiente utilizado fue un frasco de plástico transparente con una capacidad de un litro con perforaciones para la respiración; con cinco concentraciones más un testigo, dando un total de dieciocho unidades experimentales para cada plaguicida a evaluar.

El bioensayo se realizó con abejas obreras adultas realizando la técnica conocida como dieta envenenada, que consistió en colocar discos de papel filtro de 4 cm de diámetro con 3 ml de la concentración requerida para la dieta de la abeja introduciendo la misma cantidad en cada frasco, una vez que se tenía en cada uno de los frascos las diferentes concentraciones se introdujeron en cada uno de ellos 10 abejas obreras adultas. Posteriormente los frascos con las dietas tratadas fueron tapados.

Los frascos con tratamientos fueron tapados con la misma tapa pero que estos tenían una abertura de 5 cm de diámetro tapadas con tela organza, para facilitar el

intercambio de aire dentro del frasco. El tratamiento del testigo únicamente fue alimentado con alimento libre de plaguicida.

Las observaciones de mortalidad se realizaron a las 12 y 24 horas. Se considero como individuo muerto aquel que no presentó movilidad alguna al momento del conteo. Utilizando solamente el movimiento del frasco para incitar el movimiento de los insectos. Con los datos obtenidos de los conteos se determinaron los porcentajes de mortalidad de cada concentración, para posteriormente determinar los valores de CL_{50} CL_{95} mediante el análisis probitt.

Cuadro 3.- Productos y concentraciones evaluadas en los tratamientos, en el experimento de *Apis mellifera* con los cuatro plaguicidas.

Producto			
Bifentrina*	Buprofezin*	Endosulfan*	Imidacloprid*
10	100	2000	3
8	70	1500	2
5	50	1000	1
3	15	500	0.5
0.1	1	200	0.1
			0.01

Datos expresados en ppm.*

Análisis estadístico

Con los resultados de los bioensayos se realizaron los análisis probitt, donde se obtuvo la CL_{50} , CL_{95} , Ecuación de predicción, línea de respuesta Dosis-Mortalidad que se graficaron en papel logaritmo-probitt.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se muestra la descripción de los resultados obtenidos del método de bioensayo realizado. Presentando de la forma siguiente: Para las 12 y 24 hrs se muestran los valores de CL_{50} y CL_{95} , además también se muestran las líneas de regresión Dosis-Mortalidad y tendencia.

Resultados del bioensayo obtenidos a 12 horas

Concentración letal

Con respecto a la concentración letal media (CL_{50}) en el bioensayo para los diferentes insecticidas a las 12 horas, podemos observar (cuadro 4) los siguientes resultados; para el producto Bifentrina la CL_{50} fue de 6.494 ppm, Imidacloprid 16.083, Endosulfan 128.256 ppm y Buprofezin de 2946 ppm respectivamente. Estos resultados nos muestran que la Bifentrina es el producto más tóxico ya que se requiere una concentración muy pequeña del producto para llegar a matar el 50 % de la población; caso contrario lo muestra el producto Buprofezin, el cual necesita concentraciones muy altas para poder llegar a matar al 50% de la población.

Cuadro 4.- CL₅₀, CL₉₅ y ecuación de predicción de los productos evaluados sobre abejas obreras adultas (*Apis mellifera*) a 12 horas de exposición.

Plaguicida	#	*CL ₅₀	*CL ₉₅	Ecuación de predicción
Bifentrina	180	6.494	15.214	Y= - 3.614 - 198.868
Imidacloprid	180	16.083	55323	Y= - 0.561 - 311.504
Endosulfan	180	128.256	23427	Y= - 1.533 - 281.194
Buprofezin	180	2946	79726	Y= - 3.983 - 272.058

#: Número de individuos en la prueba

*: Datos expresados en ppm

Para la concentración letal media (CL₅₀), obtenida a las 24 horas de exposición, en el cuadro 4, podemos observar que el producto imidacloprid es el más toxico con tan solo 0.393 ppm, mientras que Buprofezin necesita 973.087 ppm para llegar a una concentración letal media.

Cuadro 5.- CL₅₀, CL₉₅ y ecuación de predicción de los productos evaluados sobre abejas obreras adultas (*Apis mellifera*) a 24 horas de exposición.

Plaguicida	#	*CL ₅₀	*CL ₉₅	Ecuación de predicción
Bifentrina	180	5.605	17.640	Y= - 2.472 - 213.823
Imidacloprid	180	0.393	144.453	Y= - 0.259 - 366.715
Endosulfan	180	21.306	6697	Y= - 0.875 - 313.832
Buprofezin	180	973.087	6358	Y= - 6.029 - 278.718

#: Número de individuos en la prueba

*: Datos expresados en ppm

Con los resultados de la CL_{50} de cada plaguicida, podemos mencionar que la mortalidad de *Apis mellifera*, presenta niveles más altos a las 12 hrs para el producto bifentrina, ocupando solamente 6.494 ppm, seguido por el producto imidacloprid con 16.083 y endosulfan con 21.306 ppm respectivamente. Siendo el buprofezin el que presento los valores más altos de CL_{50} (2946 ppm) y por lo tanto el menos riesgoso para esta especie. En relación a las 24 hr de exposición, podemos mencionar que el producto imidacloprid fue el más toxico al presentar una CL_{50} de 0.393 ppm, seguido de 5.605, endosulfan con 21.306 ppm respectivamente. Siendo nuevamente el buprofezin el producto menos tóxico (973.087 ppm). Para el producto bifentrina, Fell (2012) menciona que el insecticida bifentrina es altamente tóxico a abejas al poco tiempo de ser aplicado, razón por la cual el producto presento una mayor toxicidad a las 12 hrs. Para el producto imidacloprid, Khans y Dethé (2005) reportan una CL_{50} de 0.380 ppm, mientras que González en el 2012 reportó una CL_{50} de 0.100 ppm para este mismo producto, siendo estos resultados similares a los encontrados en nuestra investigación (0.393 ppm). Para el producto endosulfan, Scott (2010) reporta un rango de 70 a 218 ppm, resultados muy superiores a los encontrados en nuestra investigación (21.306 ppm). Por otro lado Hardstone y Scott (2010), clasificaron diferentes compuestos en relación a la toxicidad con *Apis mellifera*, donde bifentrina se cataloga con extremadamente toxica, imidacloprid de regular a altamente toxico, endosulfan como moderadamente toxico y buprofezin como inocuo. Resultados que son similares en relación a la cantidad de ppm en nuestra investigación.

Líneas de Regresión Dosis Mortalidad

En la figura 8 se exponen las líneas de respuesta dosis-mortalidad, bajo la metodología de dieta envenenada en referencia a la recta correspondiente para cada producto, podemos mencionar que se obtuvo una respuesta más rápida a 12 horas con el producto Bifentrina; así mismo se obtuvo con el mismo producto una CL_{95} de 15.214 ppm a 12 horas de exposición, por lo anterior se concluye que en base a la respuesta de las líneas dosis-mortalidad de abejas obreras adultas, en el producto Bifentrina a 12 horas de exposición presentan una relación más estrecha entre

concentración y mortalidad en relación a los demás productos donde la relación es más amplia.

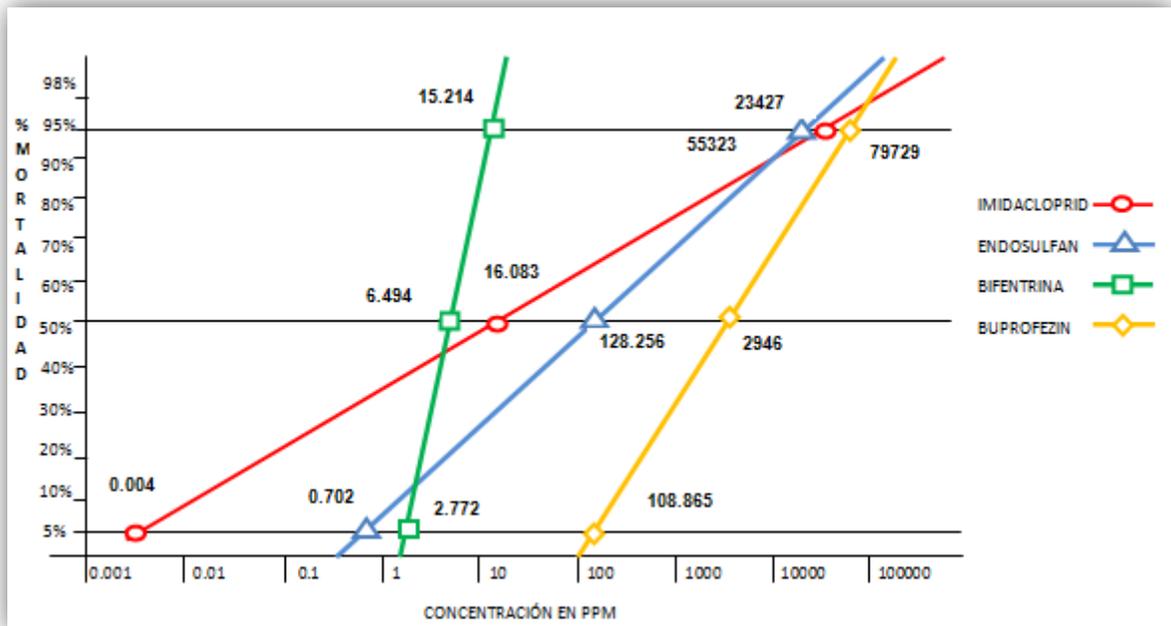


Figura 8.- Líneas de respuesta dosis mortalidad sobre abejas obreras adultas (*Apis mellifera*) con los cuatro insecticidas a 12 horas de exposición.

En la figura 9 se exponen las líneas de respuesta dosis-mortalidad, bajo la metodología de dieta envenenada en referencia a la recta correspondiente para cada producto, podemos mencionar que ahora el producto que obtuvo una respuesta más rápida fue con el producto Imidacloprid; así mismo se obtuvo una CL_{95} de 17.64 ppm a 24 horas de exposición. Sin embargo el producto Bifentrina a 24 horas de exposición sigue presentando una relación muy estrecha entre concentración y la mortalidad, en contraste a este producto, está el endosulfan donde la relación es la más amplia en comparación a los demás productos evaluados a 24 horas.

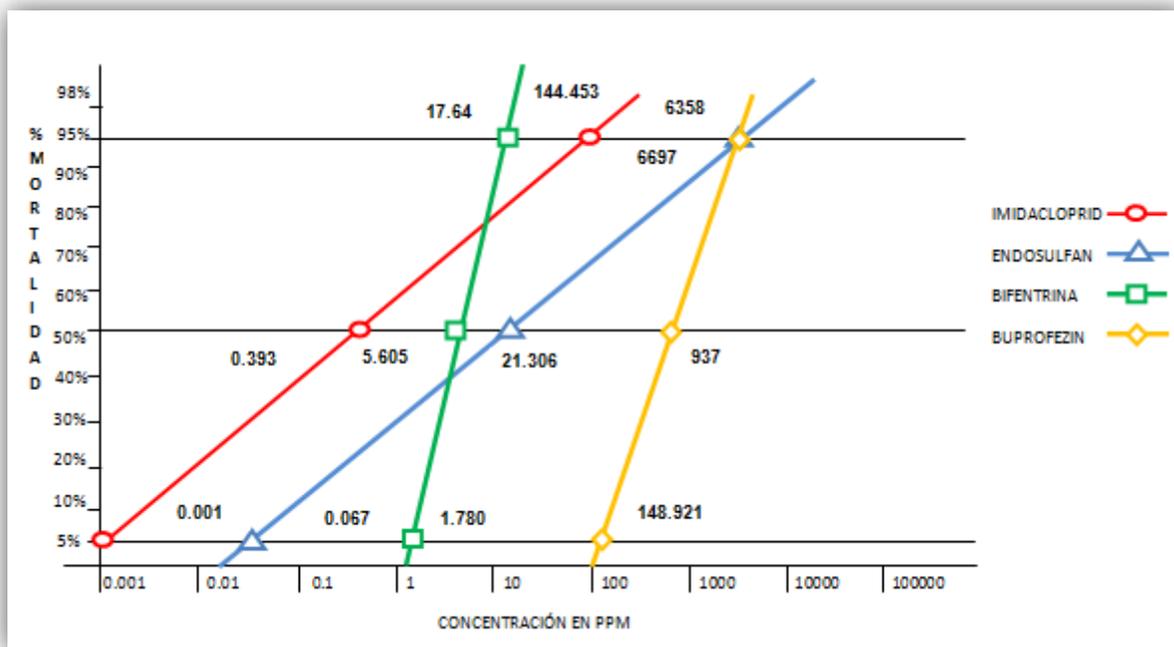


Figura 9.- Líneas de respuesta dosis mortalidad sobre abejas obreras adultas (*Apis mellifera*) con los cuatro insecticidas a 24 horas de exposición.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación podemos concluir:

1. La especie *Apis mellifera* es más susceptible al ingrediente activo Bifentrina a una exposición de 12 hrs.
2. El producto Imidacloprid fue más tóxico a 24 hrs.
3. El activo Endosulfan presento niveles de moderadamente tóxico y Buprofezin quedo como inocuo para *Apis mellifera*.
4. Por último clasificamos en nuestra investigación a estos insecticidas
 - a) Tóxico: Bifentrina.
 - b) Moderadamente tóxico: Imidacloprid y Endosulfan.
 - c) Inocuo o No Tóxico: Buprofezin

LITERATURA CITADA

- Apablaza, C. 1981 Efecto de C598 como atrayente de abejas (*Apis mellifera* L.) en la polinización de paltos (*Persea americana* Mili.) cv. Fuerte para la zona de Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 50p.
- Baltierra, V. R. 2003. Prevalencia de *Varroasis* en la Sociedad de Apicultores de San José De Gracia, Municipio de Marcos Castellanos Michoacán. (Tesis de licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.
- Bewley J & M Black (1982) *Physiology and biochemistry of seeds*. Volume II. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 315 pp.
- Borror, D.J. Triplehorn C.A. and Johnson N.F. 1989. *An introduction to the study of insects*. 6^a edition. Saunders College Publishing EUA. 875 pp.
- Burgett Md, Titavan M (1993) Brood thermoregulation by the giant honey bee (*apis dorsata*) *Nat Hist Bull Siam Soc* 41:93-98, Keywords: brood/dorsata/thermoregulation.
- Coronado E. 1997. Historia de la apicultura en México (segunda parte). *Apitec*. (2): 4-6
- Coto, Daniel 2003, insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América central/ Daniel coto, Joseph L. Saunders,-- Turrialba, C. R. CATIE, 420P.

Cremllyn, R.J. 1995. Agrochemicals: Preparation and mode of action: New York, Wiley & Sons. 396 p

DEAQ, 2004, Diccionario de especialidades agroquímicas vol.1

Fell, R. D. 2012. Regulations and basic information: Protecting honey bees. (En línea). Disponible en: http://pubs.ext.vt.edu/456/456-018/Section-1_Regulations_and_Basic_Information-5.pdf

Geisenberg, C. and Stewart, K. 1986. Field crop management. In: Atherton, J.G. and Rudich, J.G. and Rudich, J (Eds.), pp 511-557. The Tomato crop. Chapman y Hall, London, UK.

Ishaaya, I, Degheele, D. ed. 1997. Insecticides with novel modes of action: mechanisms and applications. Alemania Springer. 289 p.

Irwin, H.S. 1970. Cassia. In manual of the vascular plant of Texas, D. S. Correll and M. C. Johnston. 785-92. Renner: Texas Research Foundation.

Castellanos, Javier Z. Manual de producción de tomate en invernadero 2010

Pettis, Lichtenberg EM, Andree M, Stitzinger J, Rose R, *et al.* (2013) La polinización de cultivos Expone Abejas de la miel a los pesticidas que altera su susceptibilidad al patógeno intestinal *Nosema ceranae*. PLoS ONE 8 (7): e70182. doi:10.1371/journal.pone.0070182
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0070182>

- Kevan, P.G., 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 373-393.
- Khans y Dethe., 2005. Toxicity of New Pesticides to Honey bees, Department of entomology, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Rahuri-413 722 Dist. Ahmednagar, India.
- Lagunes, T., A. Y J. Villanueva, J.1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillos, Edo. de México. 264 pp. 55, 175-224.
- León G., H. M. 2001. Manual para el cultivo de tomate en invernadero. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- M.E. Whalon, D, Mota- Sanchez and R. M. Hollingworth, 2008. Analisis of global pesticide resistance in arthropods, 25 p.
- Mc Gregor, S. 1976. Insect pollinators of cultivated crop plants. Washington Department of Agriculture United States.441 p.
- Nuez, Fernando. 2001. El cultivo del tomate, Ediciones mundi-prensa Reimpreso 2001 17 p.
- Palumbo, j.c.; Horowitz, a.r.; Prabhaker N. 2001. Insecticidal control and resistance management for Bemisia tabaci. *Crop Protection* 20:739-765 p.
- Persano L. A., 2002. Apicultura Práctica, edit. AGT EDITOR. S.A. Progreso no. 202- colonia Escandón C.P. 11800 México D.F., 5^{ta}. Reimpresión, págs.: 131, 142, 143, 144, 151, 152, 154, 156, 157, 167, 168, 170, 172.

- Pesante a. d. g. 2003. Anatomía de la abeja. Notas de las conferencias capítulo 3, anatomía Universidad de Puerto Rico, recinto Universitario de Mayagüez.
- Picken AJF. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Horticultural Science* 59, 1-13.
- Rallo, J. 1986. Frutales y abejas. Madrid, Publicaciones de Extensión Agraria. 231 p.
- Razeto, B. 1999. Para entender la fruticultura. Santiago, Universidad de Chile. 373p
- Ritter, 2001. Enfermedades de las bajas, editorial: ACRIBIA, S. A. Royo, 23-50006 Zaragoza (España) págs. VII, 1, 2, 3, 4, 12.
- Root, A. 1976. ABC y XYZ de la Apicultura. Enciclopedia de la cría científica y práctica de las abejas. 15a.ed. Buenos Aires, Argentina, Hachette. 670p.
- SAGARPA, 2008. Manual de patología apícola. [en línea]. Coordinación General de Ganadería. Programa nacional para el control de la abeja africana. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20apcolas/Attachments/3/manbasic.pdf> [Consulta: 23 Noviembre 2013].
- Scott, Jeffrey, G. 2010 Society of Chemical Industry Correspondence to, Department of Entomology, Comstock Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853-0901, USA.
- Schopfloch, R. 1996, Apicultura lucrativa. (10ª edición). Ed. Albatros. Buenos Aires, Republica Argentina. P. 9-12, 182-183.
- Smith, Andrew F. 1994. "The tomato in America" library of congress cataloging-in-publication Data. reprint. originally published: columbia, s.c: university of south carolina prees,c 1994 3pag

- Soderlund, D. M., Clark, J. M., Sheets, L. P., Mullin, L. S., Piccirillo, V. J., Sargent, D., Stevens, J. T., and Weiner, M. L. (2002). Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: Implications for cumulative risk assessment. *Toxicology* 171, 3–59.
- Thompson, H. M. 2003. Behavioural effects of pesticides in bees– their potential for use in risk assessment. *Ecotoxicology* 12 (1/4): 317-330.
- Verkerk K. 1955. Temperature, light and the tomato. *Mededelingen van de*
- Villaseñor y Espinosa 1998, *Agricultura técnica en México*, 17 pág.
- Ware, G.W.; Whitacre D.M. 2004. Introducción a los insecticidas. Radcliffe's. *El Texto Mundial de MIP. Introducción a los Insecticidas*. In: *The Pesticide Book*, 6th ed. Publicado por MeisterPro Information Resources (Meister Media Worldwide Willoughby, Ohio. Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapter/W&WinsectSP.htm>.
- Westwood, M. 1982. *Fruticultura de Zonas Templadas*. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.
- Yang yan-xia, Jin Shao-qiang, LI Shao-nan, Wei Fang-lin, Zhu Guo-nian, 2008. Oral toxicity and risk of five insecticides for bees (Instituto de Pesticidas y Toxicología Ambiental, Universidad de Zhejiang, Hangzhou 310029, China).