



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Varroa destructor, parásito de *Apis mellifera*

Varroa destructor, parasite of *Apis mellifera*

Autor/es

Leticia Cebrián Reviejo

Director/es

María Jesús Gracia Salinas

Facultad de Veterinaria

2019

ÍNDICE

1. RESUMEN. <i>Varroa destructor</i> , parásito de <i>Apis mellifera</i>	1
2. ABSTRACT. <i>Varroa destructor</i> , parasite of <i>Apis mellifera</i>	1
3. INTRODUCCIÓN.....	2
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.	3
5. METODOLOGÍA.....	3
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	4
6.1. Hospedador: <i>Apis mellifera</i>	4
6.2. Patógeno: <i>Varroa destructor</i>	9
6.2.1. Clasificación.....	9
6.2.2. Morfología.....	10
6.2.3. Biología y ciclo vital.....	12
6.3. Patología: Varroosis.....	13
6.4. Diagnóstico.....	17
6.5. Control y tratamiento.....	21
7. CONCLUSIONES.....	26
8. CONCLUSIONS.....	27
9. VALORACIÓN PERSONAL.....	27
10. BIBLIOGRAFÍA.....	28

1. RESUMEN. Varroa destructor, parásito de Apis mellifera

El agente productor de la varroosis, *Varroa destructor*, es un importante ácaro ectoparásito de las abejas. Aunque su origen es asiático e inicialmente se adaptó a *Apis cerana*, en la actualidad parasita a la abeja de la miel, *Apis mellifera*, que es la principal especie polinizadora. Este ácaro presenta una distribución mundial constituyendo la mayor amenaza hoy en día para la apicultura. Es considerado en parte culpable de las pérdidas de colmenas que periódicamente se producen en Europa y Estados Unidos. En climas templados, si no se aplicaran tratamientos periódicos, la mayoría de las colonias de abejas colapsarían en un período de 2-3 años. Sin embargo, estos tratamientos constituyen un elevado coste para apicultores favoreciendo el riesgo de depósito de residuos químicos en los productos de la colmena y el desarrollo de resistencias.

Es necesaria la investigación acerca de la biología y la patología producida por dicho ácaro, junto con la innovación en nuevos métodos de diagnóstico, control y tratamiento.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se realiza una revisión bibliográfica con el fin de profundizar y actualizar los conocimientos de los principales campos de investigación de *Varroa destructor*.

Lo más llamativo de la revisión se resume en que *V. destructor* es actualmente la principal amenaza para la apicultura. Afecta tanto a las abejas adultas como a sus crías, reproduciéndose en estas últimas. Actúa como vector de varios virus de abejas que incrementan los daños. Estos daños afectan a la colonia en su totalidad. La realización de un correcto diagnóstico de la enfermedad es esencial para el control y tratamiento de la misma. Los tratamientos más usados son los acaricidas sintéticos y las sustancias naturales.

2. ABSTRACT. Varroa destructor, parasite of Apis mellifera

The agent of Varroosis, *Varroa destructor*, is an important parasite of bees. Although its origin is Asian and initially adapted to *Apis cerana*, now parasitizes *Apis mellifera*, which is the main pollinator species. This mite presents a world-wide distribution constituting the biggest threat nowadays for the beekeeping. It is considered partly responsible for the losses of hives that periodically occur in Europe and the United States. In temperate climates, if periodic treatments were not applied, most bee colonies would collapse within 2-3 years. However, these treatments constitute a high cost for beekeepers by favouring the risk of depositing chemical residues in the products of the beehive and the development of resistances.

Research on the biology and pathology produced by this mite is necessary, together with innovation in new methods of diagnosis, control and treatment.

In this Final Degree Paper, a bibliographic review is carried out in order to deepen and update the knowledge of the main research fields of *Varroa destructor*.

The most striking thing about the review is that *V. destructor* is currently the main threat to beekeeping. It affects both adult bees and their offspring, reproducing in the latter. It acts as a vector for several bee viruses that increase damage. These damages affect the colony as a whole. A correct diagnosis of the disease is essential for its control and treatment. The most commonly used treatments are synthetic acaricides and natural substances.

3. INTRODUCCIÓN

La apicultura (del lat. *apis* "abeja" y – cultura) se define como la cría de abejas y el conjunto de técnicas y conocimientos relativos a la cría de abejas (RAE, 2018). La actividad de la abeja de la miel, *Apis mellifera*, es de suma importancia para el sector apícola debido a los productos obtenidos de dicha actividad (miel, cera, polen y propóleos), la conservación de la biodiversidad y la polinización de una gran variedad de plantas. Sin ellas la productividad de un 80% de cultivos alimentarios sería gravemente perjudicados (Decourtye, Alaux, Le Conte y Henry, 2019).

El sector apícola español destaca por ser uno de los más profesionalizados de la UE. El número de apicultores en España es de 32.845, de los que más del 18% son profesionales. En UE oscila en torno a los 606.082 apicultores. En cuanto al censo de colmenas, sobre la base del Registro de explotaciones apícolas en España (REGA), en el mes de marzo de 2019 asciende a 2.961.353 colmenas. El censo de colmenas total de países de la UE es de 17.577.000. La producción de miel en España se encuentra en torno a las 29.393,2 Tm, con un autoabastecimiento estimado del 80% frente al 65% de la UE (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2019).

El principal factor biótico que provoca efectos nocivos dentro de la población de abejas melíferas es *Varroa destructor*, llegando a provocar la desaparición del 40% de colmenas (Vicente, 2016). El daño se manifiesta con una pérdida de peso corporal, el debilitamiento y la malformación de las abejas. El ácaro, además, es un importante vector de distintos virus que afectan a las abejas. Estudios realizados demuestran que esta asociación ácaro-virus reducen la vida útil de las abejas (Giacobino *et al.*, 2016), además, se le ha implicado en el síndrome de despoblación de las colmenas (Vicente, 2016).

El ciclo biológico de *V. destructor* es totalmente dependiente del huésped, carece de etapa de vida libre. En estado adulto se localiza sobre su hospedador y su reproducción se realiza dentro de las celdas de las crías de abejas, alimentándose de las larvas y pupas en desarrollo.

Antes de instaurar los tratamientos correspondientes es necesario realizar un buen diagnóstico que cuantifique los niveles de infestación ya que si éstos se desconocen y se instauran controles por parte de los apicultores sin una periodicidad correcta o una dosis inadecuada, los residuos químicos de los acaricidas se irán acumulando y agravarán el problema.

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Dada la gran amenaza actual que supone la varroosis para la apicultura, en este trabajo se realizará una revisión bibliográfica de *Varroa destructor* que se centrará en su biología, la patogenia de la enfermedad, el diagnóstico y el control / tratamiento de la misma.

Por lo tanto, **los objetivos** de este Trabajo de Fin de Grado son:

- Conocer los ciclos biológicos de la abeja - ácaro para entender las lesiones y la patogenia que se producen.
- Conocer los métodos de diagnóstico y los factores que favorecen una mayor/menor tasa de infestación.
- Conocer los distintos tratamientos y medidas de control que permitan reducir la población de *V. destructor*.

5. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos (PubMed, ALCORZE y ScienceDirect) con el fin de seleccionar los principales artículos científicos escritos en castellano e inglés de los últimos diez años.

Se utilizaron las siguientes palabras claves de búsqueda: *Varroa destructor*, honey bee, varroosis/varroosis, apiculture, beekeeping, parasitismo.

Inicialmente mediante una búsqueda de las palabras claves, y posteriormente una lectura de los abstracts con el objetivo de descartar si la información aportada del artículo era significativa o no para acceder a él en su totalidad.

En la búsqueda de *Varroa destructor* se incluyó todo tipo de documentos aportados por los diferentes autores profesionales que hacían estudios sobre dicho ácaro. Respecto a las revisiones sistemáticas y los estudios científicos se aplicó como criterio de inclusión que los estudios realizados sobre *Apis mellifera* incorporaran conclusiones sobre varroosis, así como su diagnóstico y tratamiento. El principal criterio de exclusión fue que los artículos no incluyeran información relevante sobre dicha temática.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha realizado una revisión bibliográfica sistemática de artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales indexadas y de alto impacto. Además, se han consultado documentos de consenso de diferentes sociedades científicas así como artículos oficiales del ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del gobierno español.

Tras la búsqueda inicial se localizaron 65 artículos, aunque se excluyeron 28 que no fueron relevantes para el objetivo de esta revisión. Finalmente se seleccionaron 35 artículos.

6.1 Hospedador : Apis mellifera

Las abejas son insectos sociales que están perfectamente organizadas, viven e interactúan entre sí formando una colonia. Dentro de cada colonia se dividen el trabajo (especialización), clasificándose en grupos. Los tres grupos de abejas son: la abeja reina, las obreras y los zánganos.

Las abejas están incluidas dentro de la Clase Insecta, orden Hymenoptera, suborden Apocrita, familia *Apidae* y género *Apis*. Hay 9 especies: *Apis mellifera*, *Apis cerana*, *Apis florea*, *Apis dorsata*, *Apis laboriosa*, *Apis andreniformis*, *Apis nigrocinta*, *Apis nuluensis* y *Apis koschewnikovi* (Bruneau et al., 2012). Debido a la organización de sus colmenas y su actividad, *Apis mellifera* y *Apis cerana*, representan a las abejas más empleadas en apicultura (Vicente, 2016). En especial, *Apis mellifera*, también conocida como abeja europea o abeja doméstica.

La unidad de población apícola es la **colmena**. Las abejas son capaces de construir sus propios nidos en las cavidades naturales, como agujeros de árboles y rocas. Esta organización de la colonia era más usada en la antigüedad ya que hoy en día el espacio de construcción de colonias salvajes está más limitado y porque muchas han muerto por varroosis (Requier et al., 2019).



Figura 1: Colmena silvestre. Fuente: Requier et al., 2019.

Las colmenas fabricadas por los apicultores están formadas por un tablero inferior con una apertura (piquera) en la zona delantera que permite el flujo de entrada y salida de las abejas. Sobre el tablero se apilan las cajas que forman el cuerpo de la colmena. Encima de este tablero inferior se sitúa la cámara de cría, cuya función es la de la crianza larvaria. El resto de cajas se van colocando sobre una malla metálica, denominada excluidor de la reina. Reciben el nombre de alzas melarias y son las que almacenan la miel. La malla metálica favorece el mantenimiento de la abeja reina en la caja de cría. Tanto la cámara de cría como las alzas melarias tienen marcos extraíbles, entre 8 y 12, que permiten al apicultor la inspección individual de la cría y la recolecta de miel de cada sección. Cada marco está constituido por celdillas en forma de hexágono bañadas por cera que ha sido segregada por las propias abejas donde albergan las larvas, la miel y el polen dentro de la colmena (Sudarsan, Thompson, Kevan y Eberl, 2012). Hay distintos tipos de colmenas: **Langstroth**, **Dadant** y **Layens** (Fels, Blackler, Cook y Foth, 2019).



Figura 2: Caja de colmena preparada por el apicultor. Fuente: Fels et al., 2019.



Figura 3: Marcos extraíbles. Fuente: Fels et al., 2019.

El éxito dentro de las colmenas reside en la correcta organización de los individuos y en la obtención de los productos esenciales para la vida de la colonia. Los sintetizados por la propia abeja son la cera, el veneno y la jalea real. Los derivados de plantas son la miel, que se obtiene a partir del néctar de las flores que es depositado en el panal y una vez que se ha evaporado el agua del que está formado. Las abejas consiguen esta evaporación gracias a la ventilación que provocan con sus propias alas. La miel sirve de alimento y es fuente de carbohidratos. Otro de los productos es el polen, éste es transportado por las bolsas de las patas traseras de la abeja y es fuente de proteínas. Las abejas obreras responden por medio de señales químicas a los olores, asociando el aroma de las flores con el néctar o el polen, identificando así las plantas que aportan alimentos. El tercer producto es el propóleos, este no tiene uso alimentario. Sirve para bloquear grietas, provocando el descenso de mohos y bacterias en el interior de la colmena y para el tratamiento de heridas y úlceras (Sawczuk, Karpinska y Miltyk, 2018). Una parte se obtiene de la recolecta de resina. Después esta resina se deja en el nido y se mezcla con la cera obteniéndose el propóleos. Las resinas de las plantas son distintas y van a depender la ubicación de ésta y de las necesidades de la abeja (Bankova, Popova y Trusheva, 2018).

La **abeja reina**, es la única hembra fértil de la colmena y está considerada como la madre del resto de abejas. Estudios han demostrado que en el día 16 de su desarrollo, es decir, cuando salen de la celdilla, pueden alcanzar los 233,98 mg de peso (Wang, Ma y Xu, 2015). La abeja reina procede de un huevo diploide y es la encargada de mantener la reproducción de la especie mediante la puesta de huevos. Posee una espermateca pudiendo depositar dos tipos de huevos en función de si éste se encuentra fecundado (abeja hembra no fértil u obrera) o bien no fecundado (macho o zángano) (Sawczuk *et al.*, 2018). Además, segrega unas feromonas que permiten mantener la cohesión de la colmena mediante un olor característico e impide la aparición de nuevas reinas mediante un compuesto químico capaz de suprimir el desarrollo de los ovarios en todas las abejas obreras y les impide la puesta de huevos. La elección de la reina difiere en el tipo de alimentación recibido por las abejas obreras nodrizas. Las larvas que reciben exclusivamente jalea real durante su desarrollo larvario se convierten en

reinas (Pirk, 2018). Las características singulares de la jalea real permiten el desarrollo del aparato reproductor de la hembra. Tras el día 15 de desarrollo, la reina emerge de su celdilla y permanece en la colmena entre 3-7 días antes de iniciar el vuelo nupcial o vuelo de apareamiento. Durante varios apareamientos con zánganos, la reina almacena el suficiente esperma para fecundar a miles de huevos. Una abeja reina puede sobrevivir hasta 8 años (Kuszevska, Miler, Rojek y Woyciechowski, 2017), sin embargo, el ciclo natural de las abejas reinas suele durar unos 2 – 3 años dentro de la colmena, debido a que el apicultor las renueva porque disminuye su puesta (Vicente, 2016).

Como ya hemos visto, las **abejas obreras** son las hembras infértiles dentro de la colmena. Su peso en el día 21 que es el día que termina su desarrollo, es de unos 125,63 mg (Wang et al., 2015), y su aparato reproductivo se encuentra atrofiado. Son la casta más numerosa dentro de la colmena encontrándose en un número aproximado de entre 20.000, 80.000 en climas templados (Vicente, 2016).

Realizan diversas funciones a lo largo de su vida en la colmena y en sus salidas al exterior. Durante sus primeros días de vida, se encargan de mantener las celdillas limpias. Después trabajan como nodrizas ocupándose del cuidado de las crías, utilizando la glándula hipofaríngea que secreta proteínas y la glándula mandibular que secreta ácidos grasos necesarios para la alimentación de las larvas (Pirk, 2018). Tras esto, reparan o construyen los panales y llevan a cabo la fabricación de la cera. Más tarde almacenan el alimento y lo colocan en los panales. Las de avanzada edad llevan a cabo la función de protección, son guardianas y no permiten la entrada de abejas de otros panales. Además poseen aguijón.

Otra de sus funciones es la de generar una corriente de aire que provoque la deshidratación de néctar y así convertirlo en miel. Cuando alcanzan la edad de 2-3 semanas desempeñan la función de pecoreadoras o recolectoras. Dicho trabajo consiste en salir al exterior de la colmena en búsqueda de néctar, polen, agua y propóleos (Lalone, 2017). Estos elementos son necesarios para la supervivencia de la colmena. Las abejas obreras pecoreadoras se comunican por medio de un comportamiento que recibe el nombre de "danza de la abeja". Este baile consiste en la comunicación de la distancia y dirección respecto al sol de donde se encuentran los recursos necesarios para la producción de la miel (Vicente, 2016).

La supervivencia de la población obrera depende de la localización geográfica y de la estacionalidad, también existen diferencias entre individuos. La longevidad de las obreras de

verano es de 15 a 38 días, mientras que la generación invernal puede llegar a sobrevivir hasta los 6 a 8 meses (Kuszevska et al., 2017).

Los **zánganos** son organismos haploides que nacen de huevos no fecundados. Es la casta reproductiva. Alrededor de los 8 días de vida adulta se inician los primeros vuelos nupciales con el objetivo de fecundar a la abeja reina (Bruneau et al., 2012). Sin embargo no todos van a conseguir su objetivo, solo los zánganos más vitales serán los que lleguen a copular con ésta. Su función dentro de la colmena va a ser ayudar a mantener el calor. Su longevidad es de unos 42 días (Szentgyörgyi, Karpinska y Miltyk, 2018) y su peso se sitúa en torno a los 160 mg (Al-Sarhan et al., 2018).

Como características distintivas señalar que no poseen aguijón y sus ojos son de gran tamaño con respecto al resto de sus congéneres. Mueren en el momento del apareamiento o son expulsados de la colmena por las abejas obreras cuando hay escasez o la colonia se prepara para el invierno (Li, Fang, Zhang y Begna, 2011).



Figura 4: Estructura social de abejas *Apis mellifera*. Fuente: Vicente, 2016.

El **ciclo biológico** de las abejas incluye cuatro etapas: huevo-larva-pupa-adulto. El tiempo de desarrollo entre los tres grupos es variable. En la abeja reina tiene una duración de 16 días, en abejas obreras de 21 días y en los zánganos de 24 días (Wang et al., 2015).

La reina deposita los huevos en las celdillas del panal de forma individual y la eclosión se produce a los 3-4 días dando lugar a la fase larvaria que es de distinta duración; en la reina dura 8 días, en el zángano 10 días y en la obrera 10 días (Bruneau et al., 2012). Durante ese periodo van mudando y aumentando de tamaño. Este tamaño varía según la temperatura que existente. Según estudios realizados por Szentgyörgyi et al. (2018) demostraron que las abejas criadas en frío tenían un mayor peso y una mayor longevidad. Después tiene lugar la

operculación, dando lugar a la fase de pupa/ ninfa que dura 4 días en la reina, 11 días en los zánganos y 8 días en las obreras, y finalmente la fase adulta (Bruneau et al., 2012). En el pico de la temporada de cría que tiene lugar en el mes de mayo, una reina es capaz de depositar 2000 huevos/día.



Figura 5: Larvas de diferentes edades en las células, así como huevos y crías selladas / operculadas.
Fuente: Pirk, 2018.

6.2 Patógeno: Varroa destructor

6.2.1 Clasificación

Varroa destructor está incluido dentro de la clase Arachnida, orden Acari, suborden Mesostigmata, familia Varroidae. Dentro del género *Varroa*, se encuentran otras especies representativas como: *Varroa jacobsoni*, *Varroa underwoodi* y *Varroa rindereri*.

El ácaro del género *Varroa*, fue descubierto hace más de 100 años en la isla de Java. La zoóloga holandesa Anthonie Cornelis Oudemans fue quien le bautizó con el nombre de *Varroa jacobsoni* (Trodtsfeld, 2017).

Sin embargo, hasta el año 2000, todas las citas hacían referencia a esta especie como la responsable de los síntomas clínicos de la varroosis tanto en *Apis mellifera* como en *Apis cerana*. Fue en ese año cuando Anderson, D. L. y Trueman, J. W. H publicaron en su trabajo taxonómico que la especie *Varroa destructor* era la auténtica responsable de los daños provocados en *Apis mellifera*, y no *Varroa jacobsoni* como se había pensado hasta entonces (Ellis y Zettel Nalen, 2010).

Desde entonces la propagación ha ido aumentando, convirtiéndose así en la mayor amenaza para *Apis mellifera*. En Europa se instauró entre los años 1965 y 1980. En España apareció en diciembre de 1985. En la actualidad, la distribución es casi mundial, sólo se podría decir que Australia es la única zona geográfica libre del parásito debido a un buen resultado de programas intensivos de bioseguridad (Trodtsfeld, 2017).

6.2.2 Morfología

Varroa destructor presenta dimorfismo sexual en todas las etapas de su desarrollo. Las hembras adultas son de forma ovalada y de un color marrón-rojo-oscuro. Miden entre 1,00-1,77mm de longitud y 1,50-1,99mm de ancho. Los machos adultos presentan coloración amarillenta y son de forma esférica. Son más pequeños que las hembras, midiendo entre 0,75-0,88mm de longitud y 0,70-0,88mm de ancho (Ellis y Zettel Nalen, 2010).



6



7

Figura 6 y 7: *Varroa destructor* macho y hembra, respectivamente. Fuente: Parasitología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.

Según la revisión bibliográfica realizada por Rosenkranz, Aumeier y Ziegelmann (2010) su cuerpo está dividido en dos partes o tagmas: el gnatosoma e idiosoma; siendo esta característica común para ambos sexos.

En la región anterior se localiza el **gnatosoma**. En él se encuentran las piezas bucales con función perforante y chupadora: dos pedipalpos sensoriales y dos quelíceros). Los quelíceros se dividen en segmento basal, medio y distal. Existe una diferencia en la forma del extremo

distal entre hembras y machos. En las hembras son móviles y con pequeños dientes. En machos, el extremo distal, es una estructura canulada (espermatodactilo) cuya función es el transporte de espermatozoides al tracto genital de la hembra.

El **idiosoma** ocupa la mayor parte del cuerpo. Está organizado en escudos. Uno dorsal y varios ventrales. De él se desarrollan cuatro pares de patas.

Las patas de las hembras son cortas y fuertes, terminan en unas estructuras con forma de ventosa (apoteles) que les permiten la adherencia al hospedador. Las patas de los machos son más largas. En cuanto a la forma, el idiosoma de las hembras es más aplanado y los escudos están muy esclerotizados. Esta característica les proporciona protección mecánica. Los machos presentan una débil esclerotización (Trodtsfeld, 2017).

El **aparato reproductor** de la hembra consta de un ovario, un útero y una vagina. Los huevos son expulsados por medio del orificio genital, situado entre el segundo par de patas. La recepción y la maduración del espermatozoide, que ha sido depositado mediante el quelícero del macho, tiene lugar en la espermateca de la hembra, similar al de la propia *Apis mellifera*. Desde ahí va pasando al ovario para la posterior fecundación.

El aparato reproductor del macho está sólo formado por un testículo situado en la parte posterior. De él nacen dos vasos deferentes que se unen en el conducto eyaculador que se abre al exterior a través de la placa externa situada entre el segundo par de patas.

Otra característica de la morfología del ácaro es que todo su cuerpo, incluidos patas y piezas bucales, está cubierto por distintos tipos de pelos (quetas o cerdas) algunos con funciones sensoriales, químico o mecánico receptores. El primer par de patas no está empleado para el movimiento, sino que también, cuentan con distintos tipos de receptores para la humedad y la temperatura y con sensilas olfatorias, que permiten la recepción de productos químicos, y gustativas (Rosenkranz et al., 2010).

Los **huevos** son de color blanquecino y ovalados. Miden aproximadamente 0,30 mm de longitud y 0,23 mm de anchura (Ellis y Zettel Nalen, 2010).

Existen dos estadios nifales: **protoninfa** y **deutoninfa**. Las protoninfas se caracterizan por la presencia de ocho patas, quelíceros y son de color blanco transparente y circulares. La protoninfa muda hasta la etapa de deutoninfa, semejante a los adultos pero de tamaño reducido (Ellis y Zettel Nalen, 2010). Tras esta etapa maduran sexualmente después de una muda final después de aproximadamente siete días (Kurze, Routtu y Moritz, 2016).



Figura 8: Línea superior de izquierda a derecha: Protonifa, Deutoninfa, Deutocrisálida. Línea inferior de izquierda a derecha: Hembra joven recién mudada, hembra madura y macho. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017.

6.2.3 Biología y ciclo vital

Los conocimientos sobre la biología de *Varroa destructor* son importantes a la hora de conocer la parasitación que se produce en *Apis mellifera*, ya que el ciclo biológico del ácaro se adapta al ciclo biológico de la abeja. *Varroa destructor* es un parásito que no posee fase de vida libre. El ciclo de vida del ácaro se divide en dos etapas distintas que se centran en fases independientes de la vida de la abeja: la reproductiva (parasitación de larvas en desarrollo o pupas) y la forética (parasitación de las abejas adultas) (Evans y Cook, 2018).

La **etapa reproductiva** se desarrolla justo antes de que las celdas se operculen. La hembra fecundada ocupa dos tipos de celdas, una celda donde se encuentra la larva de abeja obrera, que será poblada entre 15 y 20 horas antes de que se produzca el sellado. Y una celda con la larva de abeja zángano, que será poblada entre 40 y 50 horas antes del cierre (Rosenkranz et al., 2010), debido a que tarda más tiempo en sellarse hay más posibilidades de que se produzca una mayor tasa de infestación dentro de las celdas de zángano (Sawczuk et al., 2018). El ácaro permanece debajo del alimento larval hasta que se produce el sellado de dicha celda. Cinco horas después del cierre de la celda, las larvas consumen el alimento disponible y como consecuencia el ácaro comienza a alimentarse de su hemolinfa. Tras 60-70 horas (MAPAMA, 2017) después del operculado, la hembra de *V. destructor* deposita su primer huevo que será no fecundado (haploide) y por tanto, macho. A partir de entonces pondrá un huevo cada 30 horas que serán fecundados (diploides) y hembras. El ciclo del ácaro consta de estadio de huevo, estadio larvario que se divide en protoninfa y deutoninfa y el estadio adulto. Cuando llegan al estadio adulto se produce el apareamiento dentro de las celdas entre el

macho y las hembras. Cinco días después de la cópula comienza a desarrollarse la puesta de huevos. El primer huevo depositado que es macho será el que fecunde a las hembras (Evans y Cook, 2018). Sólo sobreviven los ácaros que han alcanzado la madurez (hembras) y los machos y aquellos ácaros inmaduros mueren al producirse la desoperculación.

La **etapa forética** se inicia en el momento de apertura de la celda. Las hembras fecundadas del ácaro salen al exterior para poder parasitar a las abejas nodrizas, que son perforadas a través del tejido blando y así el ácaro se alimenta de su tejido graso y hemolinfa (Ellis y Zettel Nalen, 2010; Ramsey et al., 2019). La duración de esta etapa depende de si hay cría de abeja o no. Está condicionado por el tipo de clima, si es clima cálido habrá cría durante todo el año, de lo contrario, si es clima frío, en invierno no habrá cría.

El comportamiento del ácaro está condicionado por factores físicos. Debido a la presencia de sedas que recubren su cuerpo son capaces de percibir las variaciones de luz, vibraciones y temperatura. Pero la etapa adecuada para la elección del huésped es reconocida por la orientación química que perciben por el sentido del olfato que juega un papel muy significativo en todas las etapas del ciclo de vida del ácaro. Son atraídos por compuestos volátiles (ésteres de ácidos grasos) que forman parte de la cutícula de abejas en desarrollo y otros olores que se desprenden en las mudas y los extractos que quedan almacenados en las celdillas. La glándula de Nasanov (Rosenkranz et al., 2010) que secreta la feromona geraniol se encuentra en baja proporción en las abejas jóvenes, al contrario que en las abejas maduras. Esto también condiciona al ácaro en la elección de su huésped.

Existen compuestos naturales dentro de la celdilla que muestran un efecto repelente sobre las hembras de *V. destructor*. Las larvas de la reina y los restos de larvas de reina son significativamente menos atractivos que las larvas de obreras y zánganos, y la jalea real de las larvas de reina también tiene un efecto repelente. Esto puede explicar la baja tasa de infestación de las celdas reales (Rosenkranz et al., 2010). Si el tiempo de sellado de las celdillas se reduce o el ácaro tarda más en reproducirse, morirán aquellos ácaros que no alcancen la madurez (MAPAMA, 2017).

6.3 Patología: Varroosis

La colonia se considera un superorganismo compuesto por individuos que se relacionan entre sí. Debido a esto la patología no solo debe estudiarse a nivel individual de la abeja, sino también a nivel de la colonia (Wegener et al., 2016). Se produce el colapso en colmenas donde hay poca cría porque todos los ácaros (aunque la parasitación no sea excesivamente alta) se introducen en ella (Reyes-Quintana et al., 2019).

V. destructor provoca acción expoliativa, traumática y vectorial. Su gravedad variará en función del clima, que sea obrera/zángano, también existen variaciones en la patogenia entre las distintas colmenas y colmenares. Según número de ácaros y época del año puede ser asintomático, ligera disminución de población y producciones o presentar síntomas evidentes que llevan al colapso de la colmena.

Los factores que favorecen su transmisión

- Deriva y pillaje ya que si el flujo de néctar es escaso favorecen las re-infestaciones.
- Zánganos de colmenas que se juntan con otros zánganos de otras colmenas.
- Trashumancia.
- Comercio de reinas y enjambres.
- Reforzamiento de colmenas por parte del apicultor.

Daños directos y síntomas

Hasta ahora se creía que *Varroa destructor* se alimentaba de la hemolinfa de abejas adultas, así como de las pupas y las larvas dentro de las celdas de crías selladas pero estudios realizados por Ramsey et al. (2019) informan que los ácaros digieren su tejido adiposo y las matan.

La hemolinfa de los insectos contiene tan sólo un 2% de concentración celular y un aporte de nutrientes bajo. Datos que ponen en duda que tan sólo con este aporte se pueda sobrevivir. Este comportamiento alimentario de consumir el tejido adiposo puede deberse a que es un órgano vital rico en nutrientes. Entre las funciones del tejido adiposo se encuentran la regulación hormonal, inmunitaria y la desintoxicación con pesticidas. Por tanto el conocimiento entre la relación parásito-tejido graso son importantes para el desarrollo de los daños en la abeja (Ramsey et al., 2019).

Según diferentes revisiones bibliográficas consultadas Rosenkran et al., 2010; Bahreini y Currie, 2015; Kurze et al., 2016; MAPAMA, 2017 y Reyes-Quintana et al., 2019, los daños directos y los síntomas que vamos a detectar como consecuencia de éstos son:

- Disminución del funcionamiento del sistema inmunitario, por lo tanto una menor resistencia a las enfermedades.
- Disminución de la tolerancia a los plaguicidas.

- Disminución de su vida productiva.
- Descenso en el rendimiento de su vuelo.
- Disminución del peso corporal, las larvas en desarrollo son las más perjudicadas. La pérdida de peso depende del tamaño poblacional de los ácaros y cuántos de estos llegan a reproducirse. Aunque una sola infestación provoca una pérdida de peso corporal del 7% para las larvas.
- Abdomen reducido.
- Cría de abeja en mosaico.
- Opérculos agujereados.
- Signos de canibalismo.
- Presencia de pupas de 5-7 días desoperculadas.
- Aparición de momias de micosis.
- Reducción del apareamiento por los zánganos.
- Menor probabilidad de realizar enjambres.
- Mortalidad.

Daños indirectos

V. destructor tiene capacidad vectorial de un número elevado de virus provocando efectos sinérgicos que incrementan las lesiones. La no existencia de tratamientos contra virus hace que el control del ácaro sea de suma importancia.

Los más frecuentes son:

El virus de las alas deformadas y abdomen acortado (DWV), aparece en crías y en adultos. Si el ácaro transmite el virus a las larvas, las abejas jóvenes en el futuro desarrollaran alas deformes, impidiéndoles el vuelo y reduciéndose su esperanza de vida (Wang et al., 2019).

El virus de la parálisis aguda (VPA) de las abejas, aparece en crías y adultos. Localizado en las células del tejido graso y en las glándulas salivales. El mecanismo de acción consiste en que el ácaro transmite el virus a través de la hemolinfa y desde allí se propaga al resto de órganos. Las lesiones a nivel cerebral se manifiestan mediante trastornos de comportamiento y déficit de orientación y del desarrollo, pudiendo incluso provocar la muerte en las abejas (Rosenkranz et al., 2010; Trodtfeld, 2017).

Otro virus que también pueden ser transmitidos por el ácaro son el virus de las células negras de la reina (BQCV), el virus de la abeja de Cachemira (KBV), el virus de la parálisis crónica de la abeja (CBPV), el virus filamentoso de *Apis mellifera* (AmFV) y el virus de la cría ensacada (SBV) (Wang, et al., 2019).

Defensa contra Varroa destructor

La resistencia individual de la abeja puede originar que la colonia alcance una tolerancia hacia *V. destructor* debido a la inhibición de su reproducción (Kurze et al., 2016). El control de la prolificidad del ácaro es esencial para evitar el crecimiento de una población del parásito en una colonia.

Cuando la infestación parasitaria es reciente la capacidad de reproducción de *V. destructor* y su supervivencia está condicionada por distintos factores.

Factores externos

El microclima del interior de una colmena depende de factores ambientales externos a ésta. Tales como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de polen o néctar. La estacionalidad también influye. Si durante los meses de invierno o más secos aumenta la fase forética del ácaro, disminuye el éxito reproductivo. Es decir, los factores ambientales actúan indirectamente sobre el ácaro a través de la abeja, mediante el número de crías existentes, siendo muy baja en invierno. Las altas temperaturas provocan la muerte de *V. destructor* (MAPAMA, 2017).

Selección natural de la propia abeja

Las abejas pueden provocar la muerte del ácaro que está situado en las abejas. Dos de los factores determinantes son el comportamiento de aseo o "grooming" y el comportamiento higiénico de las abejas (Rosenkranz et al., 2010). En el primero actúan con un autocuidado (eliminar los ácaros foreticos de sí mismas) y alocuidado (limpiezas del resto de abejas). El comportamiento higiénico consiste en la detección, apertura y eliminación de crías muertas, enfermas o parasitadas por parte de las abejas obreras (Kurze et al., 2016).

Otros factores

El porcentaje de cría de zángano y de obrera: Si no hay cría en la colonia, se reduce la población del ácaro. El enjambrazón, reduce temporalmente la intensidad de los ácaros debido a la ausencia de cría en el nuevo enjambre formado que retrasa la reproducción de los ácaros (Kurze et al., 2016).

6.4 Diagnóstico

La carga parasitaria depende de la época del año, el clima, el grado de desarrollo de la colonia y la cantidad de cría que exista. Por tanto el resultado de las pruebas diagnósticas varía en función de esos factores. Estos diagnósticos deben hacerse: al inicio de la primavera, tras la floración, antes de la invernada y siempre que exista sospecha de infestaciones.

Algunos apicultores suministran acaricidas 1-2 veces al año sin cuantificar la abundancia de ácaros a nivel del apiario. Para evitar tratamientos accidentales y que éstos aumenten el riesgo de contaminación es necesario que se lleve a cabo un muestreo estandarizado de abejas adultas. La estandarización permite realizar comparaciones entre colonias individuales o colmenares enteros y en los centros de investigación.

Debido a que la inspección visual directa del número de ácaros o signos de la enfermedad en las abejas no aporta una gran precisión de la gravedad del proceso existen distintos **métodos de diagnóstico** para verificar la población de ácaros.

Según datos recogidos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2017) un recuento de 2.000 ácaros por colonia supondría un peligro y un control a corto plazo. El colapso de la colonia se estima alrededor de los 6.000 ácaros.

Recuento de la caída de ácaros sobre tabla adhesiva

Evalúa la mortalidad natural del ácaro. Los materiales usados son una tabla y sobre ella un papel impregnado de vaselina que se colocan debajo de la caja de cría. Los ácaros muertos caerán sobre ella. Es un método simple que permite detectar infestaciones leves o graves (Trottfeld, 2017).

La mortalidad natural de *V. destructor* en presencia de cría oscila entre el 0,6 y el 2% y en ausencia de cría entre el 0,3% y el 0,5% de la población total de ácaros (MAPAMA, 2017). Debido a que el ácaro muere de forma natural, el porcentaje de mortalidad permite conocer el nivel de infestación de la colonia y si los tratamientos están siendo eficaces. Las ventajas que presenta son el seguimiento continuo del estado de la colonia porque se puede realizar durante todo el año y además no molesta a las abejas. En cuanto a las desventajas, el viento y las hormigas pueden distorsionar los resultados y las tablas adhesivas adicionales pueden suponer un mayor gasto al apicultor (Trottfeld, 2017).



Figura 9: Papel impregnado con vaselina y ácaros sobre él. Fuente: MAPAMA, 2017.

Recuento sobre abejas adultas

Según el estudio realizado por Lee, Moon, Burkness, Hutchison y Spivak (2010) para una mayor precisión se recomienda que la muestra recogida por colonia sea de unas 300 abejas por colonia. Es conveniente realizarlo en distintas colmenas.

Método del rodillo de azúcar en polvo

Según la revisión de Zul Norain Sajid et. al (2019) el método de rodillo de azúcar en polvo es usado para separar al ácaro de la abeja. *V. destructor* cuenta con unas almohadillas adhesivas en las patas que sirven para agarrarse a los cuerpos de las abejas. El procedimiento que se realiza consiste en la recogida de una muestra de 300 abejas de la caja de cría, éstas se introducen en un bote que cuenta con una malla metálica. Se impregnan con una cantidad generosa de azúcar en polvo, pasados 2-3 minutos estas partículas harán que se desprendan los ácaros y caigan sobre la rejilla y así puedan contarse. El recuento también se puede hacer sobre una cartulina blanca o un recipiente con agua que disuelve el azúcar y permite la visualización de los ácaros. Si se realizan repeticiones puede llegar a desprenderse hasta un 95% de ácaros (MAPAMA, 2017). Este método es de los más seguros para las abejas, ya que tras el muestreo son devueltas a la colonia sin haber sufrido daños. Además puede realizarse en el campo.



Figura 10: Método de azúcar en polvo. Fuente: MAPAMA, 2017.

Lavado con alcohol o jabón líquido

Se recoge una muestra de 300 abejas que es depositada en un recipiente con alcohol o jabón. Tras el lavado la muestra se debe filtrar. Se pasa por un tamiz que retendrá las abejas y una gasa que quedan los ácaros. Posteriormente se cuentan abejas y ácaros y se calcula el porcentaje de infestación. Usando este método las abejas son sacrificadas aunque no afecta a la actividad de la colmena y proporciona información beneficiosa para su protección (Trottfeld, 2017).

Según la actividad de cría, en los periodos de baja población de crías si se encuentran más de 5 ácaros por cada 100 abejas estaríamos hablando de una gravedad moderada que podría poner en peligro a la colonia.

Recuentos sobre la cría

Se lleva a cabo tras desopercular unas 100 celdillas del panal de cría operculada. El recuento se puede hacer a partir de la proporción de celdillas parasitadas o por la cantidad de ácaros por cada 100 abejas. Se considera una infestación moderada la proporción de 15 ácaros/100 larvas operculadas o 10 celdillas parasitadas/100 celdillas.

En primavera y principio de verano se realiza el recuento tras desopercular la cría de zánganos (Tabla 1). Se considera una infestación grave cuando hay más de un 5-10% de celdillas de zángano parasitadas. Provocando incluso el colapso antes del final de la temporada (MAPAMA, 2017).

Umbral de parasitación en larvas de zángano (%)			
Mes	Riesgo leve	Riesgo moderado	Riesgo severo
abril, mayo	< 2%*	2-4%*	> 4%***
junio, julio	< 3%*	3-7%**	> 7%***
agosto	< 5%*	5-10%**	> 10%***

Tabla 1: Umbral de parasitación en larvas de zángano. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017.

En la tabla 2 se presenta la relación entre los distintos métodos diagnósticos y la población total de ácaros presentes en las colonias de abejas. A modo de aproximación, un umbral de detección superior a 2.000 ácaros por colonia puede poner en riesgo la supervivencia de la colonia y será necesario aplicar un tratamiento.

RELACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO				
Grado de infestación por <i>Varroa destructor</i>	% infestación en la cría	% infestación en abejas	Mortalidad natural (nº ácaros)/día	Población total de ácaros aproximada
Muy leve*	0 a 1	0 a 1	0 a 1	0-200
Leve*	1 a 5	1 a 3	1 a 5	200-800
Media**	de 5 a 8	de 3 a 8	de 5 a 10	800-2.000
Moderada***	de 8 a 10	de 8 a 15	de 10 a 15	2.000-4.000
Grave****	de 10 a 15	de 15 a 30	de 15 a 25	4.000-6.000
Muy grave*****	Más de 15	Más de 30	Más de 25	> 6.000

Tabla 2: * Control al final de la estación, ** Control a medio plazo, ***Control a corto plazo, ****Requiere un control inmediato. Fuente: MAPAMA, 2017.

Otros métodos

Visualización a través de ordenador

Es un método que no utiliza el apicultor y está enfocado para estudios de investigación. Es un método no invasivo que sirve como variante a las técnicas tradicionales descritas anteriormente. Su finalidad es sintetizar los métodos existentes en un sistema de visión

portátil la presencia del ácaro en una colmena mediante la grabación de una secuencia de video de abejas vivas durante 5–20 min.

Para la selección de abejas se pueden realizar dos métodos: monitorizar la entrada y la salida de las abejas de forma natural o extraer los panales de cera y sacudir a las abejas en la entrada de la colmena.

Con ambos métodos se utilizó una cámara multispectral e iluminación con luz LED azul, roja e infrarroja en las grabaciones de video para facilitar la separación de los píxeles de *V. destructor* y abeja (Bjerge et al., 2019).

La visualización a través de ordenador mostró resultados prometedores en el monitoreo de los niveles de infestación en las colonias y deberían de considerarse una alternativa a las técnicas tradicionales.

Uso de sensores de gas

El estudio realizado por Szczurek, Maciejewska, Bąk, Wilde y Siuda (2019) lleva a cabo el diagnóstico de *V. destructor* por medidores de sensores de gas. Consiste en medir atmosferas de 6 colmenas usando seis tipos de sensores de gases semiconductores durante 12 horas. Según el análisis estadístico mayores respuestas indicaron mayores tasas de infestación. El desarrollo de este método requiere más estudios.

6.5 Control y tratamiento

Las medidas que favorecen el éxito de un control integrado son la aplicación de tratamientos varroicidas con diferentes mecanismos de acción para usarlos de la manera más eficiente posible, realizar los tratamientos en épocas del año ausentes de cría y así mejorar su eficacia, un seguimiento de los niveles de infestación, la formación del apicultor, el pillaje y la deriva de abejas y evitar el abandono de colmenas y seleccionar las colmenas con un gran comportamiento higiénico (MAPAMA, 2017).

En la actualidad, no existe ningún tratamiento químico ni no químico que sea capaz de erradicar el parásito debido a que estos sólo actúan en la fase forética del ciclo vital del ácaro y nunca llegan al interior de las celdillas donde se reproducen (a excepción del ácido fórmico), por eso los tratamientos tienen un periodo de liberación que cubre todo el ciclo. El Real Decreto 608/2006, de 19 de mayo, establece y regula un *Programa Nacional de lucha y control de las enfermedades de las abejas melíferas*, donde dicta la obligatoriedad de aplicar una vez al año un tratamiento frente a *Varroa spp* en otoño (MAPAMA, 2017).

Factores que influyen en la eficacia de los acaricidas

- Concentración del compuesto
- Período del tratamiento
- Entorno de la colonia y situación de la colmena
- Época del año
- Temperatura durante la aplicación
- Actividad de las abejas, a mayor población mayor distribución del producto y por tanto mayor eficacia
- Cantidad de cría
- Tasa de infestación
- Forma de aplicación
- Tipo de colmena

Retos que supone el aplicar los tratamientos

- Proximidad filogenética abeja / ácaro.
- Biología del ácaro (desarrollo en cría) que impide que los tratamientos le afecten.
- Clima (cría: todo el año / no en invierno).
- Problema económico.

Los apicultores emplean diferentes sustancias químicas, técnicas de aplicación y métodos.

Acaricidas sintéticos

El **fluvalinato** (Apistan®) y la **flumetrina** (Bayvarol®, Polyvar®) (MAPAMA, 2017) son dos piretroides cuyo mecanismo de acción consiste en bloquear los canales de sodio y calcio dependiente de voltaje. Actúan provocando espasmos musculares, dificultad a la hora de realizar movimientos y la muerte (Boncristiani et al., 2012; Norain *et al.*, 2019). A su vez pueden causar daños en la abeja reina y en los zánganos.

El estudio experimental de Norain et al. (2019) se basó en comparar la efectividad que existe cuando se aplica una tira o dos tiras de ambos piretroides. El estudio se realizó durante dos semanas del mes de marzo, que se corresponde con una importante temporada de acumulación de población para las abejas. Cuando se aplicó una tira, la efectividad sólo duro 14 días, después la población de ácaros aumentó. Esto indica que con una efectividad de 14 días no se completaba el ciclo de la abeja en las celdillas y había ácaros que salían de las

celdillas pero el producto ya no era eficaz. Cuando se aplicaron dos tiras por colonia, la efectividad duró cuatro semanas con fluvalinato y hasta cinco con flumetrina. La efectividad es dependiente de varios factores por lo que los estudios de campo deben llevarse a cabo en distintas colmenas (Gracia et al., 2017).

El **amitraz** (Apivar[®], Apitraz[®] y Amicel Varroa[®]) (MAPAMA, 2017) es una amidina, se aplica para crías selladas y es el más usado en España (Gracia et al., 2017), provoca letalidad neurotóxica. Su mecanismo de acción consiste en interactuar con el receptor de octopamina del sistema nervioso central. Es muy efectivo, sus valores oscilan entre el 83,8% al 99,5%. La efectividad de la fumigación de amitraz resulta limitada durante los períodos de cría (Norain et al., 2019).

El **cumafós** (Checkmite[®]) (MAPAMA, 2017) es un organofosforado con actividad acetilcolinesterasa que interfiere con la señalización y la función de los nervios (Rosenkranz et al., 2010).

El **cimiazol** es una amidina y es otro tipo de acaricida de contacto (Rosenkranz et al., 2010).

Los acaricidas sintéticos son persistentes y se acumulan tras tratamientos repetidos. El mecanismo de acción es por contacto directo con las abejas (MAPAMA, 2017) por lo tanto, estos acaricidas también tienen algunas desventajas: provocan daños no intencionados sobre las abejas, contaminan la miel y otros productos apícolas (Rosenkranz et al., 2010). Necesitan prescripción veterinaria y la administración es por tiras.

Sustancias naturales

Con respecto a los acaricidas sintéticos presentan más ventajas a la hora de provocar daños sobre la abeja melífera y los productos de la colmena, proporcionan un bajo riesgo de la acumulación de residuos. Además, son solubles en agua y/o volátiles. Cuentan con una baja probabilidad de crear resistencias tras tratamientos repetidos (Rosenkranz *et al.*, 2010).

El **ácido fórmico** (MiteGone[®], Maqs[®]) (MAPAMA, 2017) inhibe el transporte de electrones en la unión de las mitocondrias de la citocromo c oxidasa (Boncristiani et al., 2012). Actúa por evaporación (MAPAMA, 2017) y es el único capaz de matar a los ácaros dentro de la cría sellada (Rosenkranz *et al.*, 2010). Puede afectar a las abejas obreras reduciendo su supervivencia y a las crías por lo que hay que administrarlo con mucho cuidado.

El **timol** (Thymovar®), (MAPAMA, 2017) es un aceite esencial, se aplica mediante tiras o gel (Ramzi, Ismaili, Aberchane y Zaanoun, 2017). Es de los más empleados en España debido a que tiene una efectividad entre el 70%- 97%. En primavera la eficacia en la cría es peor que en el adulto, en otoño ocurre lo contrario (Gracia et al., 2017).

El **ácido oxálico** (Ecoxal®), (MAPAMA, 2017) es un ácido orgánico que se aplica por contacto. La duración del tratamiento debe de ser mínimo una vez y máximo cinco veces depende de la estación del año y de la caída de ácaros (MAPAMA, 2017). Se usan ampliamente, pero muestran una eficacia limitada durante los meses reproductivos, cuando la mayoría de los ácaros están protegidos en las celdas operculadas (Evans y Cook, 2018).

El **Control biológico/ biotecnológico**, no tiene una gran eficacia por sí solo pero ayuda a minimizar la infestación, a usar menos tratamientos con acaricidas o aplicarlos conjuntamente y mejorar su eficacia (MAPAMA, 2017). Entre ellos podemos señalar:

- Eliminar cría de zángano. Se realiza antes del enjambrazón, en primavera.
- Cuadro trampa (poner celdillas de tamaño similar a la de zánganos). Consiste en que la reina solo cría en un cuadro de zángano y así los ácaros solo podrán meterse en él. Tras la operculación se elimina junto a una gran cantidad de ácaros.
- Interrupción de la puesta de cría:
 - Enjambrazón artificial.
 - Enjaulado de la reina, para conseguir ausencia de cría. Es de gran utilidad si se aplica un tratamiento con acaricidas.
- Uso de suelos con fondo sanitario, para que caigan de forma natural los ácaros.
- Selección de abejas resistentes:
 - Autoeliminación (“Grooming”).
 - Comportamiento higiénico.
 - Supresión de la reproducción del ácaro.
- En estudio: hongos entomopatógenos, atrayentes, repelentes, propóleos...

Otros tratamientos

Jarabe de azúcar

Consiste en rociar a las abejas periódicamente con jarabe de azúcar con lo que se consigue reducir las poblaciones de ácaros (Abou-Shaara, 2017). Esta capacidad puede explicarse por la acción de aseo personal de las abejas. En los momentos que limpian sus cuerpos se produce la caída de estos. Se debe no pulverizar intensamente para evitar daños a la colonia.

Extracto de propóleos

Presenta una gran eficacia debido a su letalidad y efecto narcótico, pero no se utilizan de forma rutinaria. Pueden llegar a matar entre un 60%-90% de los ácaros en 30 segundos de exposición. Su inconveniente es que puede dañar también a las abejas (Abou-Shaara, 2017).

Debido al crecimiento vertiginoso de los ácaros y a la dificultad que supone detectar el grado de infestación de la colonia, el momento adecuado para la aplicación de tratamientos está siendo todo un reto para los apicultores.

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2017) se deben realizar buenas prácticas a la hora de administrar los medicamentos. En concreto:

- Los tratamientos siempre se deben realizar bajo la supervisión del veterinario oficial, el veterinario debe desarrollar un programa de lucha contra la varroosis según las características de la colmena.
- Los medicamentos deben adquirirse en establecimientos legalmente autorizados. Y en ningún caso éstos los deben preparar los apicultores.
- En la apicultura ecológica promover la rotación de sustancias activas junto con medidas de manejo.
- Aplicar la dosis y la duración de tratamiento que indique el prospecto.
- Los tratamientos serán más efectivos si se aplican en ausencia del nido de cría. Si hay cría: el tratamiento debe cubrir todo el ciclo.
- Que el tratamiento sea eficaz, no tóxico y que no deje residuos.
- No tratar durante el flujo de néctar.
- Tratamiento coordinado de todas las colmenas y colmenares posibles.
- Tratar en épocas concretas (otoño/primavera).
- Periódicamente se debe evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados.

Medidas de manejo

Según la guía responsable de medicamentos veterinarios en apicultura (2013) unas buenas prácticas de manejo por parte del apicultor son esenciales para prevenir la entrada de enfermedades y su diseminación. En concreto:

- Lucha integrada en lo posible.
- Buenas prácticas de higiene que ayudarán a reducir el impacto de la enfermedad y ayudará a minimizar el riesgo de transmisión de la misma entre colmenas.
- Tratamientos adaptados a condiciones climáticas y manejo.
- En climas templados tratar antes de la producción de abejas para el invierno
- Tratar enjambres durante el intervalo de fecundación.
- Manejo adecuado: ubicación colmenas, recursos, evitar hacinamientos, desinfección material, colmenas abandonadas, deriva, pillaje...
- Adecuado diagnóstico: permite elegir el momento adecuado para tratar, controlar eficacia del acaricida utilizado y confirmar una reinfestación.
- Para conseguir una sanidad animal óptima es esencial que entre el apicultor y el veterinario exista una comunicación fluida.

7. CONCLUSIONES

- I. *Varroa destructor*, el agente productor de la varroosis, es actualmente la principal amenaza para la apicultura.
- II. El ácaro parasita tanto a las abejas adultas como a sus crías, pero sólo puede reproducirse en estas últimas. Los síntomas más relevantes son la pérdida de peso corporal y dificultad a la hora de ejecutar movimientos. Además actúa como vector de varios virus de abejas que incrementan los daños.
- III. Los daños producidos por la parasitación a nivel individual se reflejan en la colonia de abejas en su conjunto.
- IV. Realizar un correcto diagnóstico de la presencia de la enfermedad y detectar la tasa existente de infestación es esencial para un control de la patología.

- V. Los tratamientos más empleados son los acaricidas sintéticos, como el amitraz, y las sustancias naturales, como el timol. A su vez se aconseja realizar unas buenas prácticas de manejo que permitan disminuir el uso de tratamientos químicos.

8. CONCLUSIONS

- I. *Varroa destructor*, the varroosis-producing agent, is currently the main threat to beekeeping.
- II. The mite parasitizes both adult bees and their offspring, but can only reproduce on the latter. The most relevant symptoms are loss of body weight and difficulty in executing movements. It also acts as a vector for several bee viruses that increase damage.
- III. The damage caused by parasitization at the individual level is reflected in the bee colony as a whole.
- IV. Making a correct diagnosis of the presence of the disease and detecting the existing infestation rate is essential for controlling the pathology.
- V. The most commonly used treatments are synthetic acaricides, such as amitraz, and natural substances, such as thymol. At the same time, it is advisable to carry out good handling practices that allow the use of chemical treatments to be reduced.

9. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo me ha permitido aprender a utilizar las distintas bases de datos científicas y a una mejora en la búsqueda, organización e interpretación de la información obtenida. Además, he aprendido cómo redactar y estructurar un texto científico, siguiendo las pautas necesarias para llevarlo a cabo.

Asimismo, me ha permitido profundizar en un tema que siempre me ha resultado muy importante debido a la repercusión a nivel mundial de la actividad de las abejas.

Ha sido una experiencia muy gratificante a nivel profesional y personal.

Finalmente quería dar las gracias a mi tutora María Jesús Gracia Salinas, por su amabilidad, su tiempo y su profesionalidad que siempre me ha brindado desde que llegué a la facultad. A mis padres y a mi hermana Marta, que sin ellos todo esto no hubiera sido posible. Y a mis amigos, especialmente a Bárbara, Nacho, Michel y Patricia por su apoyo incondicional y su confianza.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abou-Shaara, H. F. (2017). Using safe materials to control Varroa mites with studying grooming behavior of honey bees and morphology of Varroa over winter. *Annals of Agricultural Sciences*, 62 (2), 205-210.
- Al-Sarhan, R., Adgaba, N., Tadesse, Y., Alattal, Y., Single, A., Al-Ghamdi, A. y Alabbadi, A. (2018). Reproductive biology and morphology of *Apis mellifera jemenitica* (Apidae) queens and drones. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 1-6. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.10.012>
- Bahreini, R. y Currie, R. W. (2015). The influence of Nosema (Microspora: Nosematidae) infection on honey bee (Hymenoptera: Apidae) defense against *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 132, 57-65.
- Bjerge, K., Frigaard, C. E., Mikkelsen, P. H., Nielsen, T. H., Misbih, M. y Kryger, P. (2019). A computer vision system to monitor the infestation level of *Varroa destructor* in a honeybee colony. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 1-10.
- Boncristiani, H., Underwood, R., Schwarz, R., Evans, J. D., Pettis, J. y Vanengelsdorp, D. (2012). Direct effect of acaricides on pathogen loads and gene expression levels in honey bees *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 58, 613-620.
- Bruneau, E., Barbancon, J.M., Bonnaffé, P., Clément, H., Domerego, R., Fert, G., Le Conte, Y., Ratia, G., Reeb, C. y Vaissière, B. (2012). *Tratado de Apicultura*. Barcelona: Omega.
- Decourtye, A., Alaux, C., Le Conte, Y., & Henry, M. (2019). Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current Opinion in Insect Science*, 35, 1-9.
- Ellis, J.D. y Zettel Nalen, C.M. (2010). Varroa Mite, *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Arachnida: Acari:Varroidae). *IFAS Extension*, 473, 1-7.
- Evans, J. D. y Cook, S. C. (2018). Genetics and physiology of Varroa mites. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 130-135.
- Fels, D.I., Blackler, A., Cook, D. y Foth, M. (2019). Ergonomics in apiculture: A case study based on inspecting movable frame hives for healthy bee activities. *Heliyon*, 5, 1-9.
- Giacobino, A., Molineri, A., Bulacio Cagnolo, N., Merke J., Orellano E., Bertozzi E., Masciangelo G., Pietronave H., Pacini A., Salto C. y Signorini, M. (2016). Key management practices

- to prevent high infestation levels of *Varroa destructor* in honey bee colonies at the beginning of the honey yield season. *Preventive Veterinary Medicine*, 1(131), 95-102.
- Gracia, M.J., Moreno, C., Ferrer, M., Sanz, A., Peribáñez, M.A. y Estrada, R. (2017). Field efficacy of acaricides against *Varroa destructor*. *PLoS ONE* 12(2): e0171633. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171633>
- Kurze, C., Routtu, J. y Moritz, R. F. A. (2016). Parasite resistance and tolerance in honeybees at the individual and social level. *Zoology*, 119(4), 290-297.
- Kuszevska, K., Miler, K., Rojek, W. y Woyciechowski, M. (2017). Honeybee workers with higher reproductive potential live longer lives. *Experimental Gerontology*, 98, 8-12.
- Lalone, C. A., Villeneuve, D. L., Wu-Smart, J., Milsk, R. Y., Sappington, K., Garber, K. V., Housenger, J. y Ankley, G. T. (2017). Weight of evidence evaluation of a network of adverse outcome pathways linking activation of the nicotinic acetylcholine receptor in honey bees to colony death. *Science of The Total Environment*, 584-585, 751-775.
- Lee, K. V., Moon, R. D., Burkness, E. C., Hutchison, W. D. y Spivak, M. (2010). Practical Sampling Plans for *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Colonies and Apiaries. *Journal of Economic Entomology*, 103(4), 1039-1050.
- Li, J., Fang, Y., Zhang, L. y Begna, D. (2011). Honeybee (*Apis mellifera ligustica*) drone embryo proteomes. *Journal of Insect Physiology*, 57 (3), 372-384
- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2019). El sector apícola en cifras. Principales indicadores económicos. España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2013). Guía de uso responsable de medicamentos veterinarios en apicultura. España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2017). Guía técnica para la lucha y control de la varroosis y uso responsable de medicamentos veterinarios contra la Varroa. España.
- Norain, S. Z., Aziz, M. A., Bodlah, I., Rana, R. M., Ghramh, H. A., & Khan, K. A. (2019). Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa destructor* mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.04.017>.
- Pirk, C. W. (2018). Honeybee Evolution: Royal Jelly Proteins Help Queen Larvae to Stay on Top. *Current Biology*, 28 (8), R350-R351.
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D. y VanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(5), 1792-1801.

- Ramzi, H., Ismaili, M. R., Aberchane, M. y Zaanoun, S. (2017). Chemical characterization and acaricidal activity of *Thymus satureioides* C. & B. and *Origanum elongatum* E. & M. (Lamiaceae) essential oils against *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae). *Industrial Crops and Products*, 108, 201-207.
- Requier, F., Garnery, M., Kohl, P.L., Njovu, H.K., Pirk, C.W.W., Crewe, R.M. y Steffan-Dewenter, I. (2019). The Conservation of Native Honey Bees. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(9), 789-798.
- Reyes-Quintana, M., Espinosa-Montaño, L. G., Prieto-Merlos, D., Koleoglu, G., Petukhova, T., Correa-Benítez, A. y Guzman-Novoa, E. (2019). Impact of *Varroa destructor* and deformed wing virus on emergence, cellular immunity, wing integrity and survivorship of Africanized honey bees in Mexico. *Journal of Invertebrate Pathology*, 164, 43-48.
- Rosenkranz, P., Aumeier, P. y Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 96-119.
- Sawczuk, R., Karpinska, J. y Miltyk, W. (2018). What do we know and what we would like to know about drone homogenate. *Journal of Ethnopharmacology*, 1-19. doi: 10.1016/j.jep.2018.10.042.
- Sudarsan, R., Thompson, C., Kevan, P.G. y Eberl, H.J. (2012). Flow currents and ventilation in Langstroth beehives due to brood thermoregulation efforts of honeybees. *Journal of Theoretical Biology*, 295, 168-193.
- Szentgyörgyi, H., Czekońska, K. y Tofilski, A. (2018). Honey bees are larger and live longer after developing at low temperature. *Journal of Thermal Biology*, 78, 219-226.
- Trodtfeld, P. (2017). The Varroa mite - a deadly and dangerous bee parasite. Bayer CropScience A, 1-30.
- Vicente, M. (2016). Análisis virológico y epidemiológico del síndrome de despoblamiento de las colmenas en España. Memoria de Tesis doctoral. Madrid, España.
- Wang, S., Chen, G., Lin, Z., Wu, Y., Hu, F., & Zheng, H. (2019). Occurrence of multiple honeybee viruses in the ectoparasitic mites *Varroa* spp. in *Apis cerana* colonies. *Journal of Invertebrate Pathology*, 166, 1-4.
- Wang, Y., Ma, L.T. y Xu, B.H. (2015). Diversity in life history of queen and worker honey bees, *Apis mellifera* L. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18 (2), 145-149.
- Wegener, J., Ruhnke, H., Scheller, K., Mispagel, S., Knollmann, U., Kamp, G. y Bienefeld, K. (2016). Pathogenesis of varroosis at the level of the honey bee (*Apis mellifera*) colony. *Journal of Insect Physiology*, 91-92, 1-9.