



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Resistencia de tres líneas de abejas seleccionadas (*Apis mellifera*) al crecimiento poblacional del ácaro *Varroa destructor* y su correlación con el comportamiento defensivo

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

SARA STRAFFON DÍAZ



DIRECTOR DE TESIS:  
DR. MIGUEL ENRIQUE ARECHAVALA VELASCO  
2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de datos del jurado

### 1. Datos del alumno

Straffon

Díaz

Sara

55733848

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

302275201

### 2. Datos del tutor

Dr.

Miguel Enrique

Arechavaleta

Velasco

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.

Juan Manuel

Labougle

Rentería

### 4. Datos del sinodal 2

Dra.

Laura Guadalupe

Espinosa

Montaño

### 5. Datos del sinodal 3

Dr.

Gerardo

Rivas

Lechuga

### 6. Datos del sinodal 4

Biól.

María del Carmen

Letchipía

Torres

### 7. Datos del trabajo escrito

Resistencia de tres líneas de abejas seleccionadas (*Apis mellifera*) al crecimiento poblacional del ácaro *Varroa destructor* y su correlación con el comportamiento defensivo

37 p.

2010

## AGRADECIMIENTOS

A quienes han hecho posible la culminación de este esfuerzo, les debo mucho más que estas palabras. En primer lugar, a mis papás, Alejandra y Sergio, por su sustento y afecto. Por el apoyo y los ánimos infundidos en momentos de flaqueza. Por darme la posibilidad de ser y de formarme. Por empaparme de sus anhelos y fortalezas.

A mi hermana Ale, por ser ejemplo a seguir en repetidas ocasiones, por sus consejos, cariños y regaños y especialmente, por seguir creciendo juntas.

A Pablo, por ser mi interlocutor cotidiano, mi constante proveedor de lecturas, por compartir y contagiarme sus pasiones. Por su ayuda y comprensión durante todo el proceso de realización de esta tesis. Por su amor y la maravillosa experiencia de vivir estos años juntos.

A mis tíos y primos, por rodearme de su apoyo, cariño y enseñanzas.

A mis amigos de la carrera, los Chajuleros y los de otros rumbos, por la fortuna de conocerlos, los trabajos juntos, las desveladas, las ocurrencias y los memorables ratos compartidos.

Siempre estaré en deuda con mis profesores de la carrera, por compartir sus conocimientos con generoso entusiasmo, por las maravillas reveladas, por las respuestas a muchas inquietudes y por las aún más numerosas preguntas dejadas en el camino. Porque sus lecciones no se acaban en el aula.

A mi tutor de tesis, el Dr. Miguel Arechavaleta y a los miembros del jurado: la Dra. Laura Espinosa, el Dr. Juan Manuel Labougle, el Dr. Gerardo Rivas y la Biól. Ma. del Carmen Letechipía, por su orientación y sus atentas observaciones que mejoraron y enriquecieron este escrito.

A los miembros del Área Apícola del Departamento de Producción Animal: Abejas, Conejos y Organismos Acuáticos de la FMVZ, por prestarme su espacio y brindarme su ayuda para realizar esta tesis.

A aquellos que sin ser nombrados son parte de ese gran río de vivencias, ideas y pensamientos que confluyen en quien escribe y que impregnan, de forma indescifrable, este trabajo.

*...Me picaron las abejas, pero me comí el panal...*

Canción popular mexicana

# ÍNDICE

RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Problemas de la africanización .....	2
1.2. Problemas de la varroosis .....	3
II. ANTECEDENTES: MECANISMOS DE RESISTENCIA AL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE <i>Varroa destructor</i> .....	5
2.1. Inhibición de la reproducción del ácaro .....	5
2.2. Atracción de la cría de abeja al ácaro .....	7
2.3. Comportamiento higiénico.....	7
2.4. Comportamiento de acicalamiento .....	8
III. MARCO TEÓRICO.....	9
3.1 Generalidades sobre las abejas africanizadas. ....	9
3.2. Generalidades sobre <i>Varroa destructor</i> .....	11
3.2.1. Aspectos taxonómicos y distribución.....	11
3.2.2. Características morfológicas y ciclo de vida.....	13
IV. JUSTIFICACIÓN.....	17
V. OBJETIVOS.....	18
VI. HIPÓTESIS .....	18
VII. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
7.1. Trabajo de campo .....	19
7.2 Establecimiento de colonias experimentales.....	19
7.3 Evaluación de la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de <i>Varroa destructor</i> .....	20
7.4. Evaluación del comportamiento defensivo de las colonias .....	21
7.5. Análisis de datos .....	22
VIII. RESULTADOS .....	23

<b>8.1. Niveles de resistencia al crecimiento poblacional del ácaro de las colonias de tres líneas de abejas.....</b>	<b>23</b>
<b>8.2. Correlación entre la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de <i>Varroa destructor</i> y el comportamiento defensivo de las abejas. ....</b>	<b>24</b>
<b>IX. DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>30</b>

## RESUMEN

La apicultura en México enfrenta serios desafíos entre los que destacan la africanización de las abejas y la varroosis. La varroosis es una parasitosis externa, causada por el ácaro *Varroa destructor*, que afecta tanto a las crías como a las abejas adultas. Una alternativa para controlar al ácaro es el desarrollo de colonias resistentes a éste a través del mejoramiento genético de las poblaciones de abejas. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la resistencia al crecimiento poblacional de *V. destructor* en las colonias de abejas de tres líneas seleccionadas para alta producción de miel y bajo comportamiento defensivo del programa de mejoramiento genético apícola del INIFAP, así como determinar si existe una relación entre dicha resistencia y el comportamiento defensivo de las colonias. La resistencia al crecimiento poblacional del ácaro se determinó a través de la medición de los niveles de infestación en abejas adultas que alcanzaron durante un periodo de ocho meses, 277 colonias establecidas en 17 apiarios. El comportamiento defensivo se evaluó utilizando el método de apreciación. Se encontraron diferencias significativas en la resistencia al crecimiento poblacional del parásito entre las líneas ( $P < 0.05$ ), la línea SG presentó un nivel de resistencia en comparación a las líneas California y Ontario. Se encontró una correlación negativa entre el comportamiento defensivo y la resistencia al crecimiento poblacional del ácaro ( $r = -0.10$ ,  $n = 270$ ,  $P < 0.05$ ). Los resultados indican que en promedio la línea SG es más resistente al crecimiento poblacional de *V. destructor* que las líneas Ontario y California, así como que la relación que existe entre esta resistencia y el comportamiento defensivo de las colonias es negativa y relativamente baja, lo que debe ser considerado para el desarrollo de programas de mejoramiento genético que busquen generar colonias resistentes a *V. destructor*.

## I. INTRODUCCIÓN

En México la apicultura es una actividad que tiene importancia social, económica y ecológica. En nuestro país existen aproximadamente 42,000 productores, quienes en conjunto, cuentan con 1,732,112 colmenas. En el año 2008 se produjeron 59,682 toneladas de miel, cuyo valor comercial fue de 1,399 millones de pesos, en ese mismo año se exportaron 28,225 toneladas con un valor comercial de más de 79 millones de dólares (SAGARPA, 2008). México es el quinto productor y el tercer exportador de miel en el mundo, sin embargo, en las últimas dos décadas el sector apícola ha afrontado serios desafíos entre los que destacan la africanización de las abejas y la varroosis.

### 1.1. Problemas de la africanización

La abeja africanizada es el producto de la cruce de abejas de origen africano (*Apis mellifera scutellata*) con abejas europeas (*Apis mellifera mellifera*, *A. m. ligustica*, *A. m. carnica* y *A. m. caucasica*) que se desarrolló en Brasil en 1956 como parte de un programa de mejoramiento genético (Kerr 1967).

La africanización representa un problema importante para el desarrollo de la actividad apícola en México ya que las abejas africanizadas tienen características desventajosas para la apicultura en comparación con las abejas europeas. Estas características incluyen un alto comportamiento defensivo, una fuerte tendencia a formar enjambres, una marcada propensión a evadir y una menor productividad con respecto a las abejas europeas (Rinderer *et al.*, 1985; Winston, 1992; Guzmán-Novoa y Page, 1994a; Uribe-Rubio *et al.*, 2002).

La africanización de las colonias ha ocasionado un aumento en los costos de producción, que van del 30 al 50%, provocado por los cambios que han tenido que implementar los apicultores en las prácticas para el manejo de las colmenas a causa de algunas características del comportamiento de las abejas africanizadas. El aumento en los costos de producción se debe principalmente a: la reubicación de apiarios, una mayor demanda de trabajo por colonia, el reemplazo de reinas, la necesidad de utilizar equipos de protección para el apicultor y el incremento en la cantidad de alimento suplementario que hay que proporcionar a las colonias (Guzmán-Novoa y Page 1994a).

El alto comportamiento defensivo de las abejas africanizadas es considerado un problema de salud pública debido al alto número de accidentes por picaduras que se han reportado en humanos y en animales domésticos. En México, se han registrado alrededor de 3000 accidentes desde la llegada de la abeja africanizada, de los cuales más de 300 tuvieron consecuencias fatales (Guzmán-Novoa y Page, 1994a; Cajero, 1995).

### **1.2. Problemas de la varroosis**

La varroosis es una parasitosis externa de las abejas melíferas causada por el ácaro *Varroa destructor* (Anderson y Trueman, 2000). El daño causado por la varroosis depende del grado de infestación de las colonias. Se ha estimado que el efecto negativo sobre la producción de miel comienza cuando el nivel de infestación es del 10% en las abejas adultas de una colonia y si la infestación alcanza el 40%, la colonia muere (De Jong, 1997). En un estudio desarrollado en México se encontró que el efecto negativo sobre la producción de miel ocurrió cuando el nivel de infestación en abejas adultas fue del 6.8%, y la producción promedio en kg de miel por colmena fue 65.5% menor en colonias infestadas que en colonias libres del parásito (Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa, 2000).

La varroosis afecta el desarrollo de las crías parasitadas, lo que produce abejas con menor peso corporal (De Jong *et al.*, 1982a), con un promedio de vida más corto (De Jong y De Jong, 1983) y en ocasiones, con presencia de deformaciones o pérdida de apéndices (Akranakul y Burgett, 1975; Anshakova *et al.*, 1978; De Jong *et al.*, 1982a). El ácaro es vector de enfermedades virales y bacterianas además de favorecer el desarrollo de hongos patógenos ya que al alimentarse, provoca una lesión en el exoesqueleto de la abeja por donde se introducen los microorganismos (Ritter, 1981; Ball, 1997).

Para controlar al ácaro se utilizan acaricidas químicos, sin embargo, éstos presentan algunas desventajas debido a que inducen el desarrollo de ácaros resistentes a dichos productos (Koeniger y Fuchs, 1988; Eischen, 1995; Milani, 1999; Thompson *et al.*, 2002) además de que pueden dejar residuos en la miel y en la cera si no son empleados correctamente (Guzmán-Novoa, 2005). Por lo tanto, la apicultura requiere de nuevas estrategias para controlar a este parásito. Entre las alternativas a corto plazo se encuentra el uso de ácidos orgánicos y aceites esenciales que evitan el desarrollo de ácaros resistentes a productos sintéticos y reducen el riesgo de contaminación de los productos apícolas. La alternativa a largo plazo y de efectos más duraderos es la selección de abejas resistentes a *V. destructor* que mantengan bajos niveles de infestación en las colonias y minimicen los efectos negativos sobre la producción de miel y otros productos apícolas.

## **II. ANTECEDENTES: MECANISMOS DE RESISTENCIA AL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE *Varroa destructor***

Algunos estudios han reportado la presencia de colonias que mantienen bajos niveles de infestación de *V. destructor* (De Jong *et al.*, 1984; Camazine, 1986; Moretto *et al.*, 1991; Guzmán-Novoa *et al.*, 1999; Rosenkranz, 1999; Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa 2001; Moretto, 2002). Algunos de estos estudios sugieren que el tipo de hospedero tiene un papel importante en el desarrollo poblacional del parásito y en el impacto que éste causa a las colonias (Medina, 2000). Además de considerar al clima como un factor que influye en estos resultados, se ha sugerido que las abejas africanizadas han alcanzado un equilibrio en la relación parásito-hospedero (Moretto *et al.*, 1993), sin embargo, no todas las colonias de abejas africanizadas presentan bajos niveles de infestación del ácaro y existen reportes de abejas de origen europeo que también presentan niveles de infestación bajos (Guzmán-Novoa *et al.*, 1999; Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa, 2001).

Los bajos niveles de infestación, tanto en abejas africanizadas como en europeas, son atribuidos principalmente a algunas características o mecanismos de resistencia que limitan el crecimiento poblacional del ácaro y que han demostrado ser responsables de esta resistencia, entre los cuales destacan:

### **2.1. Inhibición de la reproducción del ácaro**

Este mecanismo involucra a múltiples factores asociados con la reproducción del parásito, entre los cuales están: la fertilidad de las hembras dentro de las celdas de cría de obrera (porcentaje de hembras que producen al menos un descendiente), el número de descendientes producidos por cada hembra y el número de ciclos reproductivos de las

hembras (Fries *et al.*, 1994). Una de las variables que se usan con mayor frecuencia para estudiar la capacidad reproductiva, es el porcentaje de hembras del ácaro que se reproduce dentro de las celdas de cría, el cual varía según la especie, subespecie y sexo del hospedero. Por ejemplo, se sabe que *Varroa* sp. no se reproduce en la cría de obrera de *Apis cerana* (Rosenkranz, 1999; Martin y Medina, 2004) y que, en el caso de *A. mellifera*, el ácaro prefiere reproducirse sobre la cría de zángano que sobre la de obrera (De Jong *et al.*, 1982b; Camazine, 1986).

Medina y Martin (1999) encontraron diferencias entre abejas africanizadas y europeas en la reproducción del ácaro. El porcentaje de hembras que dejaron cría viable en colonias africanizadas fue de 40%, mientras que en las colonias europeas fue de 75%, diferencia que se atribuyó a la elevada mortalidad de la descendencia del ácaro dentro de las celdas de obreras africanizadas. No obstante, estudios más recientes muestran que la capacidad reproductiva del ácaro ha aumentado en abejas africanizadas en Brasil. Correa-Marques *et al.* (2003) y Garrido *et al.* (2003) observaron que el porcentaje de fertilidad de *V. destructor* se incrementó a 80% en una región de Brasil, mientras que anteriormente, era de tan sólo 50% (Camazine 1986, Moretto 2001). Estos resultados coinciden con el de Carneiro *et al.* (2007), quienes reportan una proporción de hembras fértiles de 86% en el periodo 2005-2006.

En nuestro país varios estudios que midieron factores asociados con la reproducción del parásito no encontraron diferencias entre abejas europeas y africanizadas (Guzmán-Novoa *et al.*, 1996; Medina, 1997; Vandame, 1996). Otros estudios que compararon la contribución relativa de diversos mecanismos de resistencia, sugieren que la inhibición de la reproducción del ácaro no tiene una contribución importante en la resistencia de las colonias

al crecimiento poblacional de *V. destructor* en México (Guzmán-Novoa *et al.*, 1999; Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa, 2001).

## **2.2. Atracción de la cría de abeja al ácaro**

Este mecanismo de resistencia se refiere a la preferencia del ácaro para infestar la cría de diferentes genotipos. Guzmán-Novoa *et al.* (1996) y Vandame (1996) encontraron que la cría de abejas europeas es dos veces más atractiva para el parásito que la de abejas africanizadas. En oposición, otros dos estudios no reportaron diferencias entre abejas de diferente genotipo (Camazine, 1986; Arechavaleta-Velasco, 1998). En el estudio de Arechavaleta-Velasco (1998) las colonias con niveles extremos de infestación en adultos (i.e. con el mayor y menor número de ácaros en abejas adultas) tuvieron niveles similares de infestación en cría, sugiriendo que este mecanismo no es importante para restringir el crecimiento poblacional del ácaro. Sin embargo, Arechavaleta (1998) utilizó genotipos obtenidos de criadores de reinas comerciales, por lo que sus colonias no eran altamente africanizadas, lo cual puede explicar la ausencia de diferencias en sus resultados (Guzmán-Novoa *et al.*, 1999).

## **2.3. Comportamiento higiénico**

El comportamiento higiénico es un mecanismo de defensa contra la parasitosis que se define como la capacidad de las obreras para detectar y remover cría infestada por el ácaro que se encuentra en celdas operculadas, interrumpiendo de esta forma el ciclo reproductivo del parásito. Este mecanismo se ha comparado entre razas de abejas y algunos estudios concluyen que las abejas africanizadas son más higiénicas que las europeas. En el estudio de Vandame (1996), las abejas africanizadas removieron 32% de la cría infestada mientras que

las europeas sólo 8%. Guerra *et al.* (2000) confirmó lo anterior al encontrar que las colonias africanizadas removieron 59% de la cría infestada, mientras que las colonias de abejas italianas removieron el 31%. Sin embargo, otros estudios no detectaron que el comportamiento higiénico sea un mecanismo que explique, por sí mismo, la diferencia en los niveles de infestación puesto que se obtuvieron resultados similares para este mecanismo entre colonias alta y escasamente infestadas (Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa, 2001).

#### **2.4. Comportamiento de acicalamiento**

El comportamiento de acicalamiento es la actividad que ejecutan las obreras al utilizar sus patas, mandíbulas y movimientos vigorosos de tórax y abdomen cuando son parasitadas por un ácaro, con la finalidad de retirarlo y eliminarlo de su cuerpo. En ocasiones, si la abeja parasitada no es capaz de retirar al ácaro, ésta realiza una danza para atraer a otras abejas quienes la acicalan con sus mandíbulas para remover al parásito (Espinosa-Montaña, 2004).

Moretto *et al.* (1993) reportaron que las abejas africanizadas fueron siete veces más eficientes para eliminar ácaros de sus cuerpos que las abejas europeas de la subespecie *A. m. carnica*. Becerra-Guzmán *et al.* (2005), encontraron que las abejas europeas son significativamente más lentas en reaccionar a un ácaro colocado en su cuerpo con respecto a las abejas de genotipo africanizado.

Arechavaleta-Velasco (1998) comparó el efecto de cuatro mecanismos de resistencia al parásito en los niveles de infestación de colonias de abejas y encontró que el comportamiento de acicalamiento fue el principal responsable de limitar el crecimiento poblacional de *V. destructor*.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Generalidades sobre las abejas africanizadas.

El proceso de africanización comenzó en Brasil en 1956, cuando se introdujeron abejas reinas africanas de la subespecie *A. m. scutellata* para establecer un programa de mejoramiento genético que tenía como objetivo incrementar la producción de miel de las colonias a través del desarrollo una abeja híbrida adaptada a las condiciones tropicales de ese país (Kerr, 1967). Debido a un mal manejo, enjambres que contenían reinas africanas escaparon, provocando la hibridación entre las abejas africanas y las europeas.

Las abejas africanizadas se dispersaron hasta distribuirse en todos los países de Centroamérica y Sudamérica. El primer reporte sobre la presencia de estas abejas en México apareció en septiembre de 1986 (Moffet *et al.*, 1987). Estas abejas ingresaron a nuestro país cruzando la frontera entre Chiapas y Guatemala después de 29 años de migración desde su llegada a Brasil y actualmente, se encuentran en todo el territorio nacional.

Entre las características más indeseables de las abejas africanizadas para la apicultura está su alto comportamiento defensivo. Varios estudios han demostrado que las abejas africanizadas son significativamente más defensivas que las abejas europeas (Stort, 1974; Collins *et al.*, 1982; Guzmán-Novoa y Page, 1994b). Asimismo, el estudio de Uribe-Rubio *et al.* (2003) concluye que la introgresión de genes africanos en las poblaciones de abejas explotadas comercialmente en el altiplano mexicano, aumenta en forma importante la respuesta defensiva de las colonias. De acuerdo con Breed *et al.* (2004), los datos disponibles sugieren que las abejas africanizadas despliegan una respuesta defensiva similar a la reportada en las europeas, pero con umbrales de respuesta menores. De igual modo,

reaccionan a estímulos defensivos con mayor intensidad, rapidez, mayor número y eficiencia en el reclutamiento de abejas del interior de la colmena.

Otra característica indeseable de las abejas africanizadas es su alta tendencia a enjambrar. La enjambrazón es el evento reproductivo de subdivisión de una colonia que ocurre frecuentemente cuando ésta se encuentra sobrepoblada (Winston, 1991). Durante la enjambrazón, aproximadamente la mitad de las abejas obreras y la reina migran hacia un nuevo sitio de anidación mientras que las obreras restantes permanecen en la colmena original y crían a nuevas reinas. Uno de los principales factores que explican la rápida expansión de la abeja africanizada por el continente americano es su alta tasa de enjambrazón (Schneider *et al.*, 2004), de 6 a 12 veces por año, a diferencia de las europeas que enjambran de 2 a 3 veces al año (Selley, 1985).

Además de su alto comportamiento defensivo y tendencia a enjambrar, la fuerte tendencia de las abejas africanizadas a abandonar las colmenas cuando las condiciones ambientales y de reserva de alimento no son adecuadas, conocida con el término de evasión, ha provocado una pérdida importante de colonias. Este comportamiento es característico de las subespecies tropicales y puede resultar en el movimiento de 15 al 100% de las colonias en algunas regiones al año (Winston *et al.*, 1979).

En la mayoría de los países donde las abejas africanizadas se han establecido, la producción de miel se ha desplomado. Los países centroamericanos por ejemplo, producen menos del 40% de la miel que producían antes de la africanización de sus colonias. En México, las estadísticas del Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana (PNCAA) indican que en 1985, antes de la llegada de las abejas africanizadas a nuestro país, el número estimado de colmenas era de 2 millones 300 mil y la producción de miel superaba las 65 mil toneladas, de las cuales se exportaban 48 mil. Sin embargo, durante años

posteriores, por ejemplo entre 2000 y 2002, la producción promedio fue menor a 58,000 toneladas y la exportación alcanzó 29,000 toneladas, lo que refleja una baja de 11% y 40% respectivamente (Guzmán-Novoa, 2004).

### **3.2. Generalidades sobre *Varroa***

#### **3.2.1. Aspectos taxonómicos y distribución**

Los ácaros del género *Varroa* pertenecen al orden Mesostigmata, también conocido como Gamasida, el cual se caracteriza por la presencia de un par de estigmas traqueales situados entre el tercer y cuarto par de coxas de las patas, característica asociada con el nombre del taxón (Woolley, 1988). Este orden incluye una gran cantidad de especies, muchas de las cuales no son parásitas, sino de vida libre y depredadoras, que se agrupan en 77 familias, casi todas con representantes en México (Hoffmann, 2001). Otras características de este grupo son: la presencia de un peritrema elongado (prolongación del estigma) y el cuerpo cubierto de placas esclerizadas, cuyo número y posición pueden variar (Barnes, 1985; Woolley, 1988) (Fig. 3.2.). En la superfamilia Dermanyssoidea, la más diversa, se encuentran parásitos de aves, mamíferos, reptiles e insectos, por lo que son de gran importancia económica. Los machos exhiben espermatodáctilos en el artejo móvil del quelícero. Dentro de esta supefamilia se encuentra la familia Varroidae, formada por dos géneros (*Euvarroa* y *Varroa*). La familia Varroidae es principalmente definida por la ausencia del dedo fijo del quelícero y la reducción del número de sedas en los pedipalpos y en las patas (Delfinado–Baker, 1974 en Akwatanakul, 1975).

*Varroa* fue originalmente un parásito de la abeja asiática *A. cerana* que se encontraba distribuido únicamente en el sureste de Asia. Debido a la introducción de la abeja *A. mellifera* en el continente asiático, se propició un contacto artificial entre colonias de

*A. cerana* y *A. mellifera*, provocando la dispersión del parásito en esta última especie entre 1940 y 1950. El ácaro fue detectado en la Unión Soviética a finales de los años 60, en Europa del este, en los años 70; en Europa occidental, a principios de los años 80. La introducción al continente americano ocurrió en 1971 en Paraguay, proveniente de Japón (De Jong *et al.*, 1982b). El primer reporte de la presencia del parásito en México fue en 1992, en el estado de Veracruz (Chihu *et al.*, 1992).

Este parásito fue descrito originalmente como *Varroa jacobsoni* en 1904 por Oudemans. Un estudio realizado por Anderson y Trueman en el 2000 demostró que esta especie es en realidad un complejo de al menos dos especies diferentes, basándose en variación fenotípica, reproductiva y en la secuencia del ADN para el gen Citocromo Oxidasa I (CO-I) del ADN mitocondrial del ácaro. De esta forma, *V. jacobsoni* se redefinió como la especie que parasita a *A. cerana* en la región de Malasia e Indonesia, mientras *V. destructor* es la especie que infesta *A. cerana* en Asia continental y a *A. mellifera* en todo el mundo. *V. destructor* es significativamente más grande y menos esférico que *V. jacobsoni* (Fig. 3.1), y las dos especies se encuentran aisladas reproductivamente. De los seis haplotipos que componen a *V. destructor*, los autores identificaron los dos que infestan a *A. mellifera*: el haplotipo de Corea, el más común y disperso, que parasita a *A. mellifera* en Europa, Medio Oriente, África, Asia y América; y el haplotipo de Japón/Tailandia, que parasita a *A. cerana* y *A. mellifera* en estos dos países y en América. Los resultados encontrados en este estudio implican que la mayor parte de la investigación realizada en el pasado bajo la idea de que se trataba de *V. jacobsoni* se aplica a *V. destructor*.

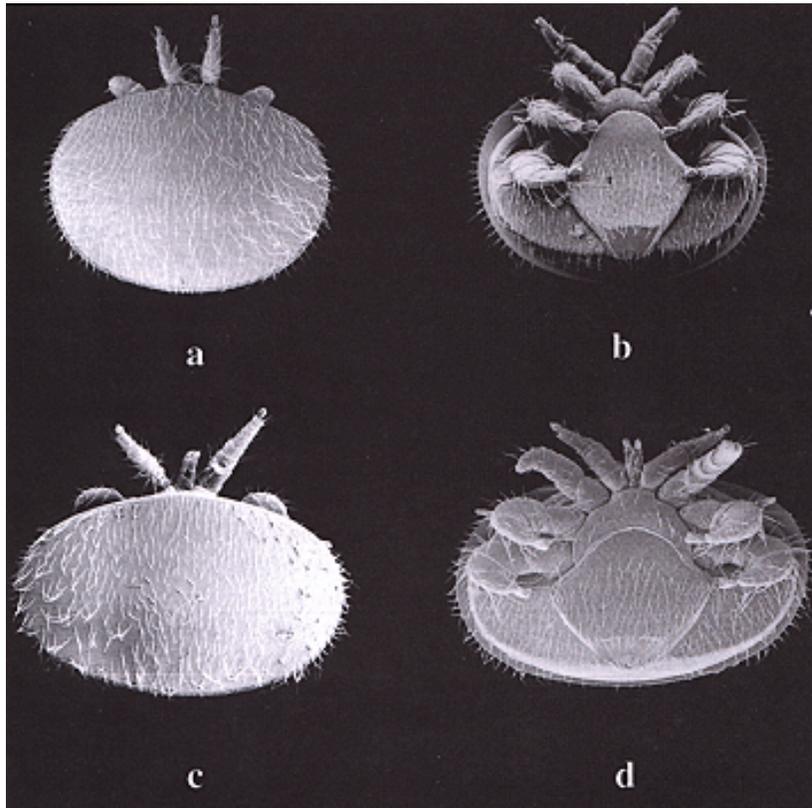


Figura 3.1. Vista dorsal y ventral de hembras adultas de *V. jacobsoni* (a y b) y *V. destructor* (b y c). Fuente: Anderson y Truman, 2000.

### 3.2.2. Características morfológicas y ciclo de vida

Las hembras adultas de *V. destructor* presentan una cubierta dura de color café rojizo, de forma ovalada, que mide aproximadamente 1.1 mm de largo por 1.6 mm de ancho. La placa dorsal cubre enteramente al idiosoma y oculta el gnatosoma (región cefálica portadora de los quelíceros y pedipalpos) casi completamente. La forma ventralmente aplanada de las hembras les permite mantenerse en el cuerpo de las abejas, además de presentar otras adaptaciones: la base de cada tarso está modificada en una ventosa, y el lado ventral

presenta gruesas sedas que se entrelazan con las de la abeja, y ayudan a sujetarse del cuerpo de ésta (Fig. 3.2.).

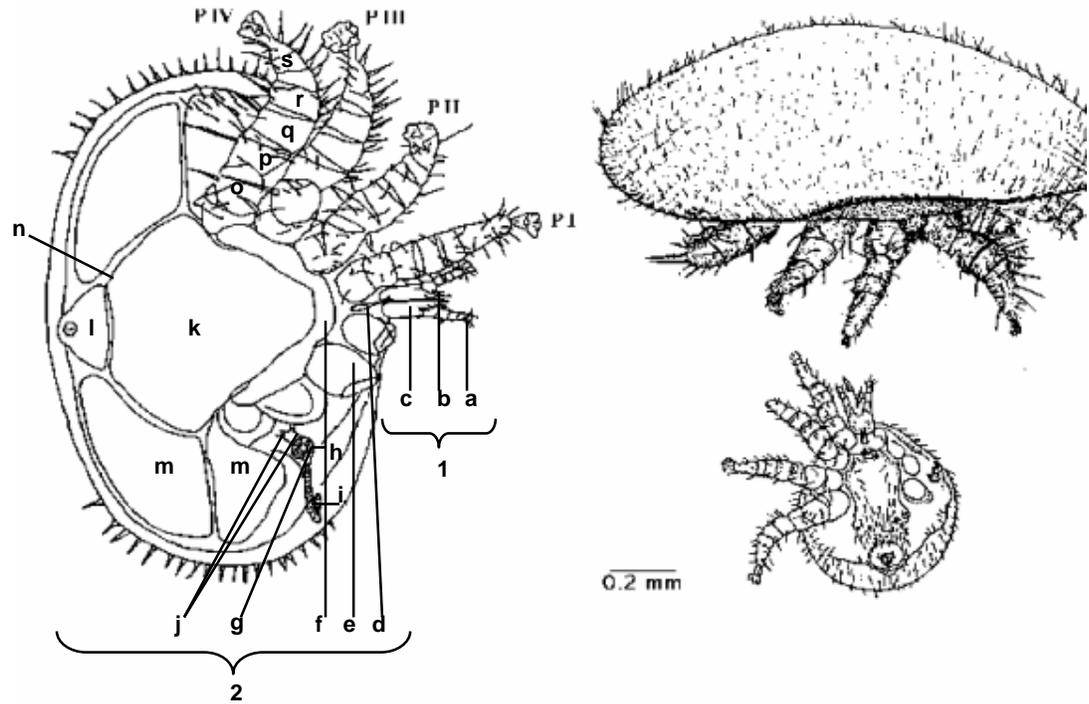


Figura 3.2. Morfología de *Varroa* sp. Esquema de una hembra adulta en vista ventral (a la izquierda) y dorsal (arriba), y de un macho (abajo). 1) Gnatosoma (a = pedipalpo; b = quelíceros; c = tubo gnatosomal). 2) Idiosoma (d = tritosternum; e = coxa ;f = placa esternal; g = stigma; h + i = peritrema; j = tubos traqueales; k = placa genitoventral; l = placa anal con valva anal; m = placas metapodales; n = membrana interescutal; o = trocánter; p = fémur; q = genua; r = tibia; s = tarso y pretarso [sedas y ambulacro]). Patas (PI, PII, PIII, PIV). Fuente: Vandame, 2000.

El ácaro parasita tanto a la cría como a las abejas adultas. En las abejas adultas se localiza principalmente entre los esternitos del abdomen, en donde se encuentra protegido y alcanza con facilidad las membranas intersegmentarias, a través de las cuales introduce sus quelíceros para alimentarse de la hemolinfa de las abejas (De Jong, 1997). A esta fase se le

denomina fase forética puesto que las abejas adultas aseguran la dispersión del parásito y también sirven como hospederos temporales.

Los ácaros comienzan su fase reproductiva cuando una hembra adulta, denominada hembra fundadora, entra en una celda que contiene una larva uno o dos días antes de que la celda sea operculada y se esconde de las abejas nodrizas sumergiéndose en el alimento de la cría. Una vez que la celda es operculada, la larva de abeja empieza a tejer su capullo mientras el ácaro se adhiere a su cuerpo y comienza a alimentarse de hemolinfa.

*V. destructor* produce su primer huevo 60 horas después de que la celda fue operculada (Ifantidis, 1983). El primer huevo es un macho haploide y los subsecuentes huevos son hembras que son puestos en intervalos de 30 horas. Los machos maduran entre 5.5 y 6.3 días, presentan un cuerpo casi esférico de menor tamaño que las hembras y un color más claro (Sammataro, 2000). Su aparato bucal se encuentra modificado para la copulación; sus quelíceros están diseñados para la transferencia de semen, por lo que no puede alimentarse. Las hembras maduran entre 6.5 y 6.9 días (De Jong, 1997). Los apareamientos entre el macho y las hembras ocurren dentro de la celda en una zona de acumulación fecal depositada por la hembra fundadora (Donzé y Guerin, 1994). Cuando la abeja adulta emerge de su celda, lleva adheridas al cuerpo únicamente a las hembras fecundadas del ácaro, los machos y el resto de las hembras que no alcanzaron la madurez, mueren dentro de la celda (De Jong, 1997) (Fig. 3.3).

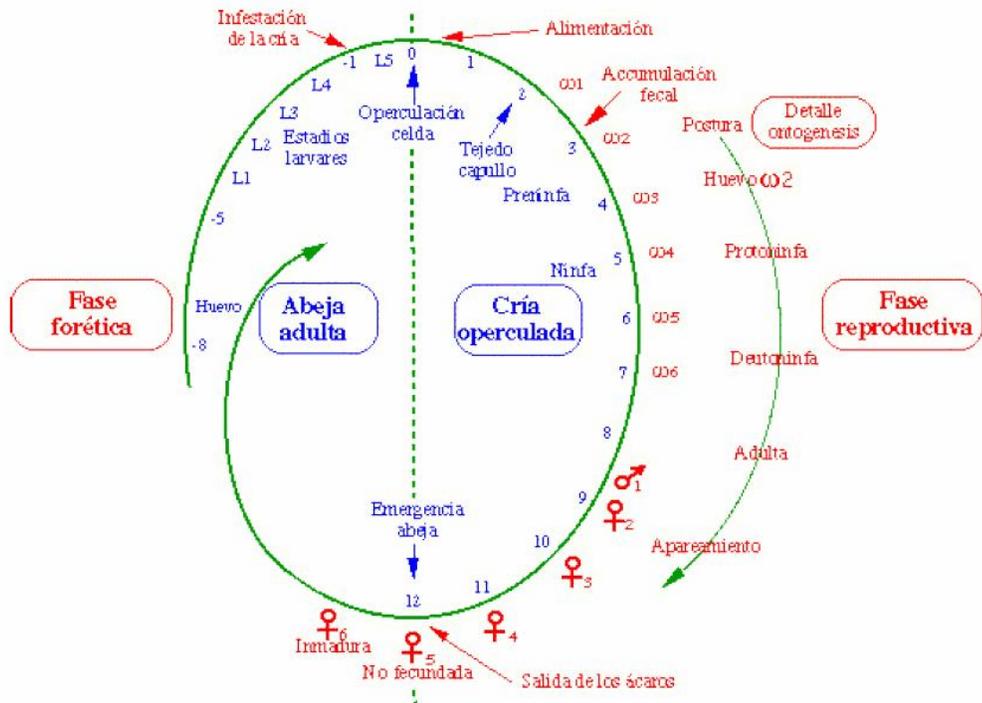


Figura 3.3. Sincronización de los ciclos de desarrollo de la abeja y del ácaro. En azul : desarrollo de la abeja (los números indican el número de días con respecto a la operculación). En rojo : desarrollo de *Varroa* sp. La letra  $\omega$  indica la postura de un huevo. Fuente: Vandame, 1998.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Una alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la africanización y de la varroosis en la apicultura es el mejoramiento genético de las poblaciones de abejas. En México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolla un programa de mejoramiento genético apícola, en donde se han generado tres líneas de abejas, que han sido seleccionadas para aumentar la producción de miel y reducir el comportamiento defensivo, como respuesta a los principales problemas causados por la africanización. Sin embargo, se desconoce cuál es el nivel de tolerancia de estas líneas al ácaro *V. destructor* y si existen diferencias entre ellas. Tampoco se sabe si existe una correlación entre la resistencia al crecimiento poblacional del ácaro y el comportamiento defensivo de las colonias, lo cual es fundamental para el desarrollo de estrategias de selección de abejas resistentes a la varroosis en las líneas mejoradas.

## **V. OBJETIVOS**

- Evaluar la resistencia al crecimiento poblacional de *V. destructor* en las colonias de abejas de tres líneas seleccionadas.
- Determinar si existe una relación entre la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *V. destructor* y el comportamiento defensivo de las abejas.

## **VI. HIPÓTESIS**

Existen diferencias en los niveles de resistencia al crecimiento poblacional de *V. destructor* en las tres líneas de abejas seleccionadas.

La resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *V. destructor* está relacionada con el comportamiento defensivo de las abejas.

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Trabajo de campo

El experimento se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigación disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP. Las colonias experimentales estuvieron ubicadas en el municipio de Villa Guerrero, que se encuentra al sur del Estado de México, situado a  $18^{\circ} 58' 36''$  de latitud norte y a  $99^{\circ} 38' 00''$  de longitud oeste, con una altitud media de 2160 msnm. El clima es templado subhúmedo (Cw), con una temperatura promedio anual de  $13^{\circ}$  C. y una precipitación de 1,242 mm anuales (INEGI, 2008).

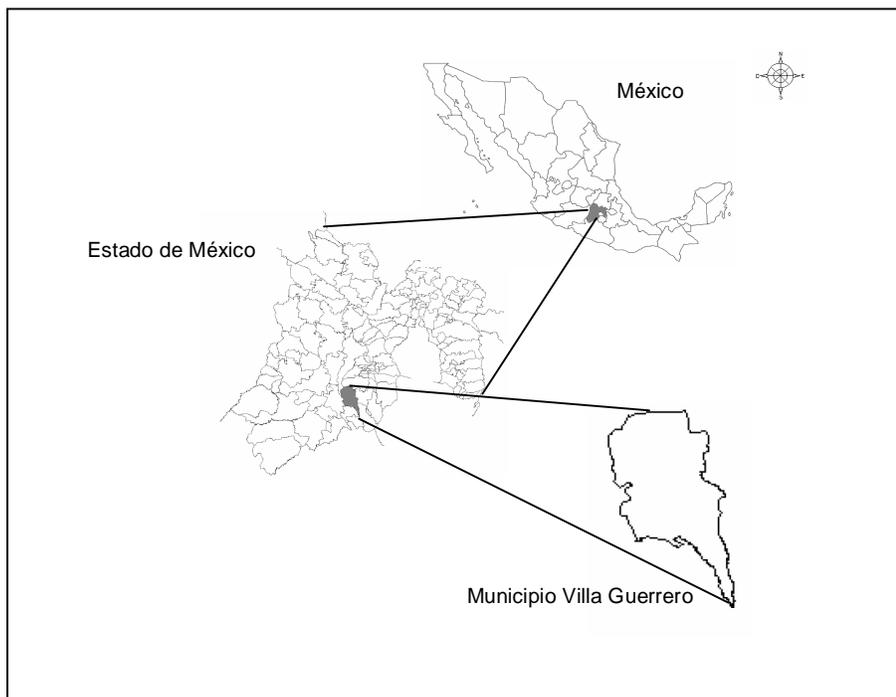


Figura 7.1. Ubicación del municipio Villa Guerrero, Edo. Mex.

### 7.2 Establecimiento de colonias experimentales

Para el desarrollo del estudio se utilizaron 277 colonias de las tres líneas de abejas seleccionadas del programa de mejoramiento genético apícola del INIFAP. En el estudio se

incluyeron colonias de las líneas: California (n = 97), Ontario (n = 130 ) y SG (n = 50). Las colonias se manejaron en colmenas tipo Jumbo y fueron establecidas en 17 apiarios ubicados en la zona de estudio. Todas las colonias recibieron el mismo manejo durante el desarrollo del estudio: fueron revisadas periódicamente para inspeccionar el estado general de la colmena (patrón adecuado de postura de la reina, enfermedades, cantidad de alimento almacenado y falta de espacio en los bastidores) y fueron alimentadas con 2 L de jarabe de azúcar al 50% cada 15 días durante la época en que no hubo flujo de néctar (de mayo a agosto).

### **7.3 Evaluación de la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *V. destructor***

La resistencia al crecimiento poblacional de *V. destructor* se determinó a través del nivel de infestación en abejas adultas que alcanzaron las colonias después de un periodo de ocho meses. Para evaluar la resistencia de las colonias cada una fue tratada con tiras plásticas impregnadas con Flumetrina (Bayvarol®, Laboratorios Bayer) con el objeto de que estuvieran libres del ácaro al iniciar el estudio. Al finalizar dicho periodo, se determinó el nivel de infestación de cada colonia, para lo cual se tomó una muestra de aproximadamente 100 abejas obreras del centro del nido de cría, utilizando frascos que contenían alcohol al 70%. Posteriormente se contó el número de ácaros y el total de abejas en cada muestra, y a partir de estos datos se estimó el porcentaje de infestación de la colonia (De Jong *et al.*, 1982b) (Fig. 7.2.).



Figura 7.2. Conteo de las muestras para obtener porcentaje de infestación.

#### **7.4. Evaluación del comportamiento defensivo de las colonias**

Para evaluar el comportamiento defensivo de las colonias se utilizó la prueba de apreciación (Arechavaleta y Guzmán-Novoa, 1996). Esta prueba consiste en asignar una calificación a características conductuales de las obreras que están asociadas con el comportamiento defensivo de cada colonia, utilizando una escala de 1 a 5, en donde 1 corresponde a un valor bajo y 5 a un valor alto. Las características que se evaluaron fueron: la tendencia de las abejas a correr sobre los bastidores, tendencia de las abejas a volar durante la manipulación de la colonia, tendencia de las abejas a chocar con el velo de protección del apicultor durante la manipulación y tendencia de las abejas a picar durante la manipulación.

La evaluación de las características de comportamiento de cada colonia se hizo abriendo la colmena del modo siguiente: sin usar guantes durante el procedimiento, se utilizó el ahumador para introducir dos bocanadas de humo a través de la entrada de la colmena (piquera), después se removió el techo, la tapa exterior y las alzas. Posteriormente, se aplicaron cuatro bocanadas de humo sobre los bastidores de la cámara de cría y del

centro de ésta se removieron y revisaron dos bastidores, uno por uno. Durante este procedimiento se evaluaron las características de comportamiento de cada colonia por tres personas al mismo tiempo. Los valores asignados por cada persona para las tendencias a correr, volar, picar y chocar de cada colonia se sumaron para obtener una calificación del comportamiento defensivo por colonia y dichas calificaciones, generadas por cada una de las personas que realizaron la prueba, fueron promediadas con el fin de obtener una calificación final del comportamiento defensivo para cada colonia incluida en el estudio (Fig. 7.3.).



Figura 7.3. Realización de la prueba de apreciación en una de las colmenas.

### **7.5. Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza bajo un modelo completamente aleatorio para determinar si existieron diferencias en los niveles de infestación entre las tres líneas. Con objeto de detectar diferencias entre las medias de las líneas se realizó una prueba de Tuckey. Asimismo, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson entre el nivel de infestación de *V. destructor* y el comportamiento defensivo de las colonias. Para llevar a cabo estos análisis se utilizó el programa estadístico JMP (SAS Intitute Inc., 2007 versión 7.0).

## VIII. RESULTADOS

### 8.1. Niveles de resistencia al crecimiento poblacional del ácaro de las colonias de tres líneas de abejas

Se encontraron diferencias significativas en el nivel de infestación de las tres líneas ( $F=4.64$ ;  $gl=2$ , 274;  $P<0.05$ ) (Fig. 8.1). La línea SG mostró un porcentaje de infestación significativamente más bajo que la líneas California y Ontario ( $P<0.05$ ) (Cuadro. 8.1).

LÍNEA	n	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR
CALIFORNIA	97	10.99	0.81
ONTARIO	130	11.43	0.7
SG	50	7.46	1.13

Cuadro 8.1. Media y error estándar del porcentaje de infestación de las colonias de abejas de las líneas California, Ontario y SG.

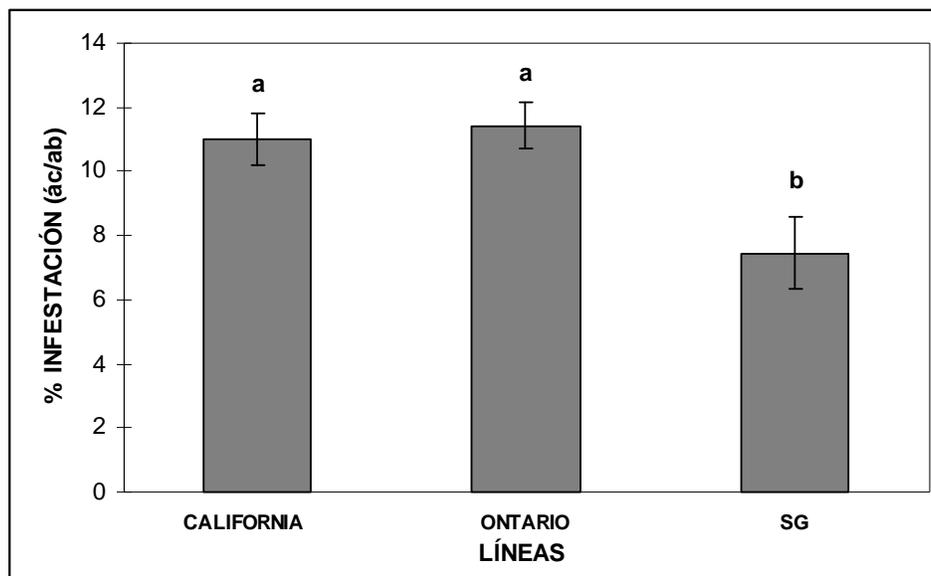


Figura 8.1. Porcentaje promedio de infestación de *V. destructor* para las líneas de abejas mejoradas California, Ontario y SG. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las líneas según la prueba de Tukey con  $P < 0.05$ .

## 8.2. Correlación entre la resistencia de las colonias al crecimiento poblacional de *V. destructor* y el comportamiento defensivo de las abejas.

Se encontró una correlación negativa entre el nivel de infestación y el comportamiento defensivo ( $r = -0.10$ ;  $n = 270$ ;  $P < 0.05$ ). Las colonias con un menor nivel de infestación presentaron mayor comportamiento defensivo (Fig 8.2).

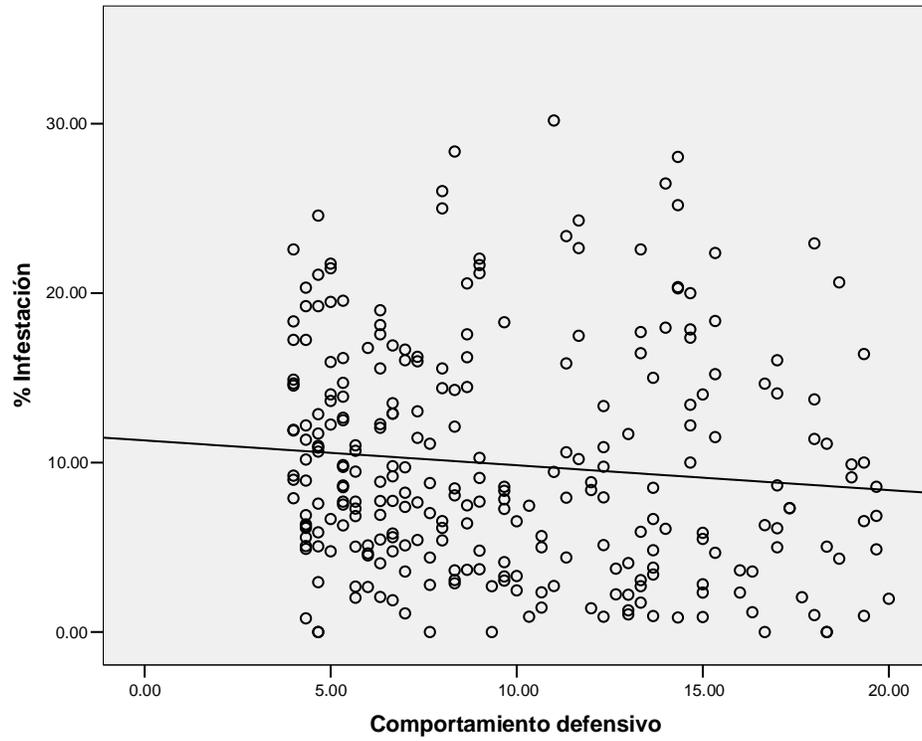


Figura 8.2. Correlación entre el nivel de infestación de *V. destructor* y el comportamiento defensivo de las colonias de abejas (n = 270).

## IX. DISCUSIÓN

El nivel de infestación promedio de *V. destructor* fue significativamente menor en las colonias de abejas de la línea SG en comparación con las líneas California y Ontario, después de ocho meses en que se permitió el crecimiento poblacional del ácaro en las colonias a partir de un proceso de infestación natural. Los resultados indican que los niveles de infestación promedio de las tres líneas fueron relativamente bajos al compararse con los resultados del estudio realizado por Arechavaleta (1998), en donde las colonias con los niveles más bajos de infestación tuvieron un promedio de 10.5% después de ocho meses de infestación.

La línea SG fue desarrollada a partir de abejas locales y según los resultados de un estudio previo (Noriega, 2008) que evaluó la distribución de los morfotipos africanizado, híbrido y europeo en las poblaciones de las tres líneas, la línea SG fue la que presentó una mayor frecuencia relativa de colonias africanizadas. Considerando que algunos estudios reportan que las abejas africanizadas son más resistentes al crecimiento poblacional de *V. destructor* que las abejas de origen europeo (Camazine, 1986; De Jong *et al.*, 1984; Rosenkranz, 1999; Moretto, 2002), es posible que la diferencia detectada en el porcentaje promedio de infestación de *V. destructor* de la línea SG en comparación con las otras líneas, se deba a que la primer línea presentó una mayor frecuencia relativa de colonias con morfotipo africanizado (Noriega, 2008).

La correlación negativa entre la resistencia al crecimiento poblacional de *V. destructor* y el comportamiento defensivo de las colonias que se estimó en el presente trabajo, indica que un menor nivel de infestación del ácaro se asocia con un mayor

comportamiento defensivo de las abejas, sin embargo, la magnitud del estimador sugiere que la relación entre estas dos variables es baja. Los resultados de este estudio coinciden parcialmente con los resultados del estudio desarrollado por Fierro (2008), quien encontró que el nivel de infestación de *V. destructor* de las colonias tuvo una correlación de 0.33 con el número de aguijones depositados por las abejas en un pedazo de gamuza negra que se agito frente a la entrada de la colmena durante dos minutos, en una población formada por dos grupos de colonias, unas con alto y otras con bajo comportamiento de acicalamiento. Sin embargo, a diferencia de los resultados del presente estudio, Fierro (2008) no encontró que el nivel de infestación de *V. destructor* se relacione con el comportamiento defensivo de las colonias cuando éste fue evaluado mediante la prueba de apreciación

Podría ser útil realizar estudios que busquen establecer si existe una relación entre las características asociadas al comportamiento defensivo de las colonias que se utilizan en la prueba de apreciación; las tendencias de las abejas a correr, volar, picar y chocar, y los mecanismos que han sido identificados como responsables de la resistencia a *V. destructor*, como son el comportamiento de acicalamiento, comportamiento higiénico, inhibición de la reproducción del parásito y atracción de la cría al ácaro, con el fin de determinar qué variable es la más confiable para establecer una correlación.

No se han realizado otros estudios que busquen correlacionar el comportamiento defensivo con la resistencia a la varroosis. Sin embargo, existen algunos estudios que relacionan la respuesta defensiva de las colonias con algún mecanismo de resistencia de las abejas al ácaro, Andere *et al.* (2001) encontraron que no existe relación entre el comportamiento defensivo de las colonias y el comportamiento higiénico, un mecanismo responsable de la resistencia a enfermedades de las abejas incluyendo a la varroosis.

La correlación encontrada en este trabajo es un factor importante a considerar para el desarrollo y aplicación de estrategias de selección en programas de mejoramiento genético que busquen desarrollar abejas resistentes al crecimiento poblacional de *V. destructor* sin que esto implique un aumento considerable en el comportamiento defensivo, ya que, en base a los resultados de este estudio, no sería conveniente seleccionar simultáneamente para las dos características en una población de colonias.

El programa de mejoramiento genético mediante el cual se desarrollaron las tres líneas de abejas del INIFAP se basa en un proceso de selección de dos características (producción de miel y bajo comportamiento defensivo) sin contemplar la resistencia al crecimiento poblacional del ácaro. En base a los resultados obtenidos en este trabajo, puede sugerirse la utilización de colonias con bajos niveles de infestación de la línea SG que hayan sido previamente seleccionadas por su bajo comportamiento defensivo para un programa de mejoramiento genético cuyo fin sea obtener abejas resistentes al crecimiento poblacional del parásito.

## X. CONCLUSIONES

- De las tres líneas mejoradas para producción de miel y bajo comportamiento defensivo, la línea SG mostró, en promedio, un mayor nivel de resistencia al crecimiento poblacional de *V. destructor*.
- Existe una correlación negativa y relativamente baja entre el comportamiento defensivo, medido mediante la prueba de apreciación, y la resistencia al crecimiento poblacional del ácaro, medido a través de los niveles de infestación en abejas adultas que alcanzaron las colonias después de un periodo de ocho meses, por lo cual no es posible seleccionar simultáneamente para estas dos características en una población.
- Es posible establecer programas de selección de abejas resistentes al desarrollo poblacional del parásito que mantengan las características de alta productividad y bajo comportamiento defensivo utilizando colonias de la línea SG que muestren resistencia al crecimiento poblacional del ácaro, pero que hayan sido seleccionadas previamente por su alta producción de miel y por su bajo comportamiento defensivo.

## LITERATURA CITADA

- Akratanakul, P. 1975. Biology and systematics of bee mites of the family Varroidae (Acarina: Mesostigmata). Thesis for Master of science. Oregon State University. 64 pp.
- Akratanakul, P. y M. Burgett. 1975. *Varroa jacobsoni*: A prospective pest of honeybees in many parts of the world. *Bee World* **56**: 119-121.
- Andere, C., M. A. Palacio, P. Delgado, E. Figini, E. M. Rodríguez, M. Colombani y E. Bedascarrasbure. 2001. Relationship between defensive and hygienic behavior in a honeybee (*Apis mellifera* L.) population. *Proceedings of the 37th International Apicultural Congress*.
- Anderson, D. L. y J.W.H. Trueman. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology*, **24**: 165-189.
- Anshakova, O. V., V. V. Bobkova, O. F. Grobov, L. M. Korjova, A. B. Langhe, V.V. Mikitiuk, K. V. Natzki y N. M. Stolbov. 1978. Contributions to biological study of *Varroa jacobsoni* and its influence of honey bees. *XXVI International Beekeeping Congress*. Adelaida, Australia. pp. 439-441.
- Arechavaleta-Velasco, M. E. y E. Guzmán-Novoa. 2000. Producción de miel de colonias de abeja (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con un acaricida contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. *Veterinaria México*, **31**(4): 381-384.
- Arechavaleta-Velasco, M.E. y E. Guzman-Novoa. 2001. Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Apidologie*, **32**: 157-174.
- Arechavaleta-Velasco, M. 1998. Variación genética en la resistencia de las abejas *Apis mellifera* al parásito *Varroa jacobsoni* Oud. e impacto relativo de los mecanismos que les confieren esta resistencia. Tesis de maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, Ciudad de México.
- Arechavaleta, V.M. y E. Guzmán-Novoa. 1996. Evaluación de la defensividad de las abejas melíferas mediante un método de apreciación. *Memorias del X Seminario Americano de Apicultura*. Boca del Río, Ver. pp. 27-29.

- Ball, B.V. 1997. Secondary infections and diseases associated with *Varroa jacobsoni*. En: Cahiers Options Méditerranéennes. *The varroosis in the Mediterranean region*, (21): 49-58. CIHEAM, Montpellier.  
Disponible en: <http://www.ciheam.org>.
- Barnes, R. D. 1985. *Zoología de Invertebrados*. Interamericana (3ª ed.). México, D.F.
- Becerra-Guzmán, F. J., M.E. Arechavaleta-Velasco, E. Guzmán-Novoa, M. Vázquez-Sandoval. y J.L. Uribe-Rubio. 2005. Efectos genéticos en el comportamiento de acicalamiento de abejas (*Apis mellifera* L.) europeas, africanizadas y sus híbridos. *Memorias del 12º Congreso Internacional de Actualización Apícola*. Tepic, Nayarit. Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas. pp. 25-30.
- Breed, M. D., E. Guzmán-Novoa y G.J. Hunt. 2004. Defensive behavior of honey bees: organization, genetics and comparisons with other bees. *Annual Review of Entomology*, **49**: 271-298
- Cajero, A. S. 1995. Logros del Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. *Memorias del II Congreso Internacional de Actualización Apícola*. México, D. F. Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A.C. 9-10 pp.
- Camazine S. 1986. Differential reproduction of the mite *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroideae) on Africanized and European honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **79**: 801-803.
- Carneiro, F.E., R.R. Torres, R. Strappazon, S.A. Ramírez, J.C. V. Guerra, D.F. Koling y G. Moretto. 2007. Changes in the reproductive ability of the mite *Varroa destructor* (Anderson and Trueman) in Africanized Honey Bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) colonies in southern Brazil. *Neotropical Entomology*, **36**(6): 949-952.
- Chihu, A.D., A. L. M. Rojas y D.S.R. Rodríguez. 1992. Primer reporte en México del ácaro *Varroa jacobsoni*, causante de la varroosis de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.) *Memorias del VI Seminario Americano de Apicultura*. Oaxtepec, Morelos. Unión Nacional de Apicultores. pp. 9-11.

- Collins, A.M., T.E. Rinderer, J.R. Harbo y A.B. Bolten. 1982. Colony defense by Africanized and European honey bees. *Science*, **218**:72-74.
- Correa-Marques, M. H., L.M. Medina, S. J. Martin y D. De Jong. 2003. Comparing data on the reproduction of *Varroa destructor*. *Genetics and Molecular Research*, **2**:1-6.
- De Jong, D. 1997. Mites: Varroa and other parasites of brood. En: Morse, R., P.K. Flottum y O.H. Medina (eds.) *Honey bee pests, predators and diseases*. Ithaca, Root Publishing, Nueva York, pp. 279-328.
- De Jong, D., L. S. Goncalves y R. A. Morse. 1984. Dependence of climate on the virulence of *Varroa jacobsoni*. *Bee World*, **65**: 117-121.
- De Jong, D. y P. H. De Jong. 1983. Longevity of africanizad Money bees infested by *Varroa jacobsoni* (Parasitiformes: Varroidae). *Journal of Economic Entomology*, **76**: 766-768.
- De Jong, D., P. H. De Jong y L. S. Goncalves. 1982a. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research*, **21**: 165-167
- De Jong, D., R. A. Morse y G. C. Eickwort. 1982b. Mite pests of honey bees. *Annual Review of Entomology*, **27**: 229-252
- Donzé, G. y P.M. Guerin. 1994. Behavioral attributes and parental care of varroa mites parasitizing honeybee brood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **34**:305–19.
- Eischen, F. 1995. Varroa resistance to fluvalinate. *American Bee Journal*. **135**:815-816.
- Espinosa-Montaña, L.G. 2004. *Varroa destructor* A. *Imagen Veterinaria*, **4**:16-21.
- Fierro-Santamaría, I. 2008. Estudio comparativo del comportamiento defensivo, grado de africanización, nivel de infestación de Varoo *Varroa destructor* A. de colonias de abejas melíferas con alto y bajo comportamiento de acicalamiento. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, Ciudad de México.

- Fries, I., S. Camazine y J. Sneyd. 1994. Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: A model and a review. *Bee World*, **75**: 5-28.
- Garrido C., P. Rosenkranz, R.J. Paxton y L.S. Gonçalves. 2003. Temporal changes in *Varroa destructor* fertility and haplotype in Brazil. *Apidologie*, **53**: 535-541.
- Guerra, J.S.V., L.S. Gonçalves y D. De Jong. 2000. Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) are more efficient at removing worker brood artificially infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans than are Italian bees or Italian/Africanized hybrids. *Genetics and Molecular Biology*, **23**(1): 89-92.
- Guzmán-Novoa, E. 2005. El control de la varroasis en el futuro. *Memorias del XII Congreso Internacional de Actualización Apícola*. Tepic, Nayarit. Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A. C. 78-80.
- Guzmán-Novoa E. 2004. El impacto de la africanización de las abejas en México. *Imagen Veterinaria* **4** (2): 22-25.
- Guzmán-Novoa, E., R. Vandame y M.E. Arechavaleta. 1999. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in Mexico. *Apidologie*, **30**: 173-182.
- Guzmán-Novoa, E., A. Sánchez, Jr. R. Page y T. García. 1996. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) and their hybrids to *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, **27**: 93-103.
- Guzmán-Novoa, E. y R.E. Page. 1994a. The impact of Africanized bees on Mexican beekeeping. *American Bee Journal*, **124**(2):101-106.
- Guzmán-Novoa, E. y R.E Page. 1994b. Genetic dominance and worker interactions affect honey bee colony defense. *Behavioral Ecology*, **5**:91-97.
- Hoffmann, A. 2001. ¿Qué son los ácaros? [en línea]. México, D. F. [Consulta: 27 de enero de 2010]  
Disponible en:  
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/060/htm/animales.htm>

- Ifantidis, M. D. 1983. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* in worker and drone honeybee brood cells. *J. Apic. Res.* **22** (3):200–6
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. 2008. Sistema para la consulta del Anuario Estadístico de México [en línea]. México, D.F. [Consulta: 20 de febrero 2009]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/default.aspx?proy=ae&edi=2008&ent=15>
- Kerr, W. E. 1967. The history of the introduction of African bees to Brazil. *The South African Bee Journal*, **39**:3-5.
- Koeniger, N. y S. Fuchs. 1988. Control of *Varroa jacobsoni*: Current status and developments. En: Needham, G. R., R. E. Page, M. Delfinado-Baker y C. E. Bowman (eds.). *Africanized honey bees and bee mites*. Ellis Horwood, Chichester, Inglaterra, pp. 360-369.
- Martin, S. J. y L. M. Medina. 2004. Africanized honey bees have unique tolerance to Varroa mites. *Trends in Parasitology*, **20** (3): 112-114.
- Medina, M. 2000. Reproducción del ácaro *Varroa jacobsoni* y factores de tolerancia hacia este parásito en abejas africanizadas (*Apis mellifera*) en Yucatán, México. *Anais do IV Encontro sobre abelhas*. Sao Paulo.
- Medina, M. y S.J. Martin. 1999. A comparative study of *Varroa jacobsoni* reproduction in worker cells of honey bees (*Apis mellifera*) in England and Africanized bees in Yucatan, Mexico. *Experimental and Applied Acarology*, **23**: 659-667.
- Medina, L.A. 1997. Reproducción del ácaro *Varroa jacobsoni* Oud. en las celdas de cría de obreras de abejas africanizadas (*Apis mellifera* L.) en Yucatán. *Memorias del XI Seminario Americano de Apicultura*. Acapulco. Unión Nacional de Apicultores. 4 pp.
- Milani, N. 1999. The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acarides. *Apidologie*, **30**:229-234.

- Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ZOO-1994. Campaña Nacional contra la Varroasis de la Abejas. Febrero de 2005. Diario Oficial de la Federación.
- Moffett, J.O., D.L. Maki, T. Andre y M.M. Fierro. 1987. The africanized bee in Chiapas, Mexico. *American Bee Journal*, **127**:517-520.
- Moretto, G. 2002. Mortality of Varroa in broodless Africanized and Carnica honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Interciencia*, **27**: 702-704.
- Moretto, G. 2001. Reproduction of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in Africanized and Italian bees (*Apis mellifera*) during different seasonal periods. *Apiacta* **36**: 75-80.
- Moretto, G., L.S. Gonçalves y D. De Jong. 1993. Heritability of Africanized and European honey bee defensive behavior against the mite *Varroa jacobsoni*. *Brazilian Journal of Genetics*, **16**: 71-77.
- Moretto, G., L.S. Gonçalves, D. De Jong y M.Z. Bichuette. 1991. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* O. infestations in Brazil. *Apidologie*, **22**: 197-203.
- Noriega, G. L. 2008. Comparación de los niveles de africanización de colonias de abejas de tres líneas seleccionadas y colonias de abejas no seleccionadas. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 26 pp.
- Ritter W. 1981. Varroa disease of the honeybee *Apis mellifera*. *Bee World*, **62**: 141-153
- Rinderer, T. E., A.M. Collins and K.W. Tucker. 1985. Honey production and underlying nectar harvesting activities of Africanized and European honeybees. *Journal of Apicultural Research*. **23**:161-167.
- Rosenkranz, P. 1999. Honey bee (*Apis mellifera* L.) tolerance to *Varroa jacobsoni* Oud. in South America. *Apidologie*, **30**: 159-172.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) [en línea]. México, D. F. [Consulta: 29 de enero 2009]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php?idCat=212&idSegCat=1>

- Sammataro, D., U. Gerson y G. Needham. 2000. Parasitic mites of honey bees: life, history, implications and impact. *Annual Review of Entomology*, **45**:519–548
- SAS Institute Inc. JMP The statistical discovery software. 2007. Versión 7.0. Cary, EUA.
- Schneider, S.S., G. DeGrandi-Hoffman y D.R. Smith. 2004. The African honey bee: factors contributing to a successful biological invasion. *Annual Review of Entomology*, **49**: 351-376
- Selley, T.D. 1985. *Honeybee Ecology*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 201pp.
- Stort, A.C. 1974. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. I. Some tests to measure aggressiveness. *Journal of Apicultural Research*, **13**:33-38.
- Thompson, H. M., M. A. Brown, R. F. Ball y M. H. Bew. 2002. First report of *Varroa destructor* resistance to pyrethroids in the UK. *Apidologie*, **33**:357-366.
- Woolley, T. A. 1988. *Acarology. Mites and human welfare*. John Wiley and Sons. Colorado. 364-372 pp.
- Uribe-Rubio, J.L., E. Guzmán-Novoa, G.J. Hunt, A. Correa-Benitez y J. A. Zozaya-Rubio. 2003. Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. *Veterinaria México*. **34**:47-59.
- Uribe-Rubio JL, Guzmán-Novoa E, Hunt GJ, Correa-Benitez A, Zozaya-Rubio JA. 2002. Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. *Memorias del IX Congreso Internacional de Actualización Apícola*. Zacatecas. Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A. C. 6-10.
- Vandame, R. 1996. Importance de l'hybridation de l'hôte dans la tolérance à un parasite. Cas de l'acarien parasite *Varroa jacobsoni* chez les races d'abeilles *Apis mellifera* européenne et africanisée au Mexique. Ph.D. dissertation. Université Claude Bernard Lyon 1, France.

- Vandame, R., M. Colin y G. Otero. 1998. Abejas europeas y africanizadas en México: la tolerancia a *Varroa jacobsoni*. Primera parte: Biología de *Varroa* [en línea]. México, D.F. [Consulta: 15 de febrero 2009]. Disponible en: <http://www.beekeeping.com/articulos/vandame/index.htm>
- Vandame, R. 2000. Control alternativo de *Varroa* en Apicultura [en línea]. Tapachula, Chis. [Consulta: 16 de febrero 2010]. Disponible en: [http://www.beekeeping.com/articulos/control\\_varroa/curso2.htm](http://www.beekeeping.com/articulos/control_varroa/curso2.htm)
- Winston, M.L. 1992. The biology and management of Africanized honey bees. *Annual Review of Entomology*. **37**:173–193
- Winston, M.L. 1991. *The biology of the honey bee*. Harvard University Press, Cambridge.
- Winston, M. L., G.W. Otis y O.R. Taylor. 1979. Absconding behavior of the Africanized honeybee in South America. *Journal of Apicultural Research*, **18**:85-94.