

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



FLUJO GENICO, COMPORTAMIENTO DEFENSIVO  
Y EFECTO DE LA TEMPERATURA EN COLONIAS  
DE *Apis mellifera* INFESTADAS CON *Varroa destructor*

TESIS DOCTORAL

PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES

M. EN C. FELIPE DE JESUS BRIZUELA MORALES

LINARES, NUEVO LEON

OCTUBRE, 2003

TD

Z599

FCF

2003

.B7



1020149225

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**Flujo Génico, Comportamiento Defensivo y Efecto de la  
Temperatura en Colonias de *Apis mellifera*  
Infestadas con *Varroa destructor***

**TESIS DOCTORAL**

**Para obtener el grado de  
Doctor en Manejo de Recursos Naturales**

**PRESENTA**

**M. en C. Felipe de Jesús Brizuela Morales**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Flujo Génico, Comportamiento Defensivo y Efecto de la  
Temperatura en las Colonias de *Apis mellifera*  
Infestadas con *Varroa destructor*

TESIS DOCTORAL

PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES

PRESENTA

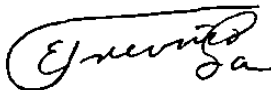
M. en C. Felipe de Jesús Brizuela Morales

COMITÉ DE TESIS



Dr. César M. Cantú Ayala

Presidente



Dr. Eduardo J. Treviño Garza

Secretario



Dr. José G. Marmolejo Monsivais

Vocal



Ph. D. Israel Cantú Silva

Vocal

Dr. Rogel Villanueva Gutiérrez

Vocal

2181



FONDO  
TESIS

***Dedicatoria:***

*A ti...Dios*

*Quien los científicos discriminan  
por arrogancia.*

*A mis padres por darme todo su amor  
Gracia y Felipe.*

*A mis hermanos por compartir todo en la vida  
Yeya, Sergio, Félix, Gaby, Dan e Io.*

*A Zule, quien es mi cielo y mi locura.*

*A Juan Carlos, Maria Fernanda, Isaac, Rodrigo, Rodrigo,  
Saïd y Sanya.*

*A mis Abuelos Ma Andrea, Rafael, Félix y Flavio.*

*A Todos mis tíos y primos que si los nombro no termino.*

*A mis amigos por los momentos felices y amargos que compartimos:*

*Jorge, Arturo, Rodolfo, Alfredo, Andrés Javier y Juan*

*Capolos, Álvaro S. y Arturo Del A.*

*Kit, Tony, Pat, y Pool*

*Daniel, Alfredo, Manuel, Gilberto, Mario y Francisco Dikinson*

*Miguel, Coco, Alex, Chelínio, Ivoon y Ivoon*

*Álvaro, Masashi, Mohamed, Celestino*

*Javier, Adolfo, Eugenio, Ernesto, Fernando, Teo, Judith, Victor, Luis M. y Sara*

*Jorge L., Blitz, Yorents, Mario Lara, Roberto A., Sergio M. y Ricardo C.*

*Michael, Isa Magnus, Cecy, Vero, Mauricio, Tomas y Mirey*

*Chip, Gordy, Richard Tony D. Y Marcy*

*Bencho, Álvaro, Dora, Chely, Teyena, Tere, Jochi, Luz, Indra y el resto.*

*David, Michel, Sophie, Mauro, Carlos, Toot, Manuel, Javier, Carmen, Joaquín D Lucas,  
Ma. Luisa y Ricardo Ferre Damare*

*Lupita, Fer, Coco, Enrique, Carla, Alicia, Luis A, Jorge, Horacio, Helena y Claudio (Che)*

*El Memo R. y Gaby*

*Richard L., Rolando G, Cesar C. y Miguel A. Nato G.O.*

*Lupita Sandra, Nuria, Nancy, Irma y Juany C.*

*Mi Gus, Mirey, Elsa, Tania, Pedro, Jorge, Genaro, Marilu y Esther*

*A Mariela, Maru, Ely, Lily, Nora, Li-chien-lan, Eriko, Sumiko, Angelica, Teo, Eve, Esther, Lupita, Carmen, Marina, Carmen, Lorena, Alicia, Juliana, Mine, Flor, Liz S. y Caludia.*

*A Doña Cecilia Lo por apoyarme siempre.*

*Agradecimiento especial a Miguel A. González por la edición del escrito final, a Javier Cardona por la revisión de algunos de sus capítulos.*

*Y muy en especial a Rolando Guerra, Mauricio Coterá y César Cantú que en los momentos más difíciles me apoyaron tanto económica como moralmente.*

*A Eufemia por su amor incondicional.*



## *Agradecimientos:*

*Al Departamento de Agricultura de Estados Unidos, proyecto FG Mx-113 al Dr. William RubinK, Dr. William Wilson, a Roy, Chuy, Noe, Art, Raúl, Liza y Franck.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme el apoyo necesario beca 114867.*

*A la Dra. Celina Garza Quintanilla por la invitación a realizar mis estudios Doctorales y a mis compañeros de equipo Tino, Rosy G., Alex, Mary, Pedro, Max y Chy.*

*Al Dr. César Cantú Ayala por la dirección de esta tesis y a los Drs. Eduardo Treviño Garza, Israel Cantú Silva, José G. Marmolejo Monsiváis y Rogel Villanueva Gutiérrez quienes fungieron como asesores de la misma, que sin su valiosa cooperación no hubiera sido posible su realización.*

## CONTENIDO

Contenido.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	vii
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1 La Africanización de las Poblaciones de Abejas <i>Apis mellifera</i> .....	4
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivo General.....	8
2.2 Objetivos Particulares.....	8
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>9</b>
<b>4. ANTECEDENTES.....</b>	<b>12</b>
4.1 Mecanismos de Resistencia contra <i>Varroa</i> en las Abejas Nativas de Asia.....	12
4.2 Mecanismos de Resistencia en las Abejas <i>Apis mellifera</i> al Ácaro <i>Varroa destructor</i> .....	13
4.2.1 Infertilidad en <i>Varroa</i> .....	14
4.2.2 Tiempo de Operculado.....	14
4.2.3 Acicalamiento.....	15
4.2.4 Tamaño de Celdillas.....	15
4.2.5 Conducta Higiénica.....	15
4.2.6 Evasión.....	16
4.2.7 Atracción de las Crías hacia <i>Varroa</i> .....	17
4.3 Tratamientos contra <i>Varroa</i> .....	17
4.3.1 Tratamientos Biológicos o Alternativos.....	17
4.3.2 Tratamientos Químicos o Comerciales.....	17

4.4 La Temperatura como Factor Limitante de la Infestación de <i>Varroa</i> en <i>Apis mellifera</i> .....	18
4.5 Las Abejas Africanizadas y el Factor de la Conducta Defensiva .....	21
4.6 Técnicas para Evaluar la Conducta Defensiva de las Abejas .....	23
4.7 Métodos de Identificación y Análisis de Abejas .....	24
4.8 Genética de Poblaciones .....	29

## CAPÍTULO I

<b>5. GENÉTICA DEL COMPORTAMIENTO DEFENSIVO EN ABEJAS (<i>Apis mellifera</i>) AFRICANIZADAS, EUROPEAS Y SUS HÍBRIDOS .....</b>	<b>33</b>
RESUMEN.....	34
5.1 INTRODUCCIÓN .....	35
5.2 HIPÓTESIS.....	37
5.3 OBJETIVO.....	37
5.4 METODOLOGÍA.....	37
5.5 ÁREA DE ESTUDIO.....	38
5.6 RESULTADOS .....	39
5.7 DISCUSIÓN.....	40
5.8 CONCLUSIONES .....	41
5.9 LITERATURA CITADA.....	42

## CAPÍTULO II

<b>6. RELACIÓN ENTRE EL GENOTIPO DE LAS ABEJAS (<i>Apis mellifera</i>) Y SU RESISTENCIA A LA INFESTACIÓN DEL ÁCARO (<i>Varroa destructor</i>) .....</b>	<b>46</b>
RESUMEN.....	47
6.1 INTRODUCCIÓN .....	58
6.2 HIPÓTESIS.....	51
6.3 OBJETIVO.....	51

6.4	ÁREA DE ESTUDIO .....	51
6.5	METODOLOGÍA.....	51
6.6	RESULTADOS .....	53
6.7	DISCUSIÓN.....	56
6.8	CONCLUSIONES .....	57
6.9	LITERATURA CITADA .....	58
 <b>CAPÍTULO III</b>		
7.	EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA INFESTACION DE <i>Varroa destructor</i> EN COLONIAS DE ABEJAS <i>Apis mellifera</i> EUROPEAS Y AFRICANIZADAS EN LINARES, N.L., MÉXICO.....	61
	RESUMEN.....	62
7.1	INTRODUCCIÓN.....	63
7.2	HIPÓTESIS.....	65
7.3	OBJETIVO.....	65
7.4	ÁREA DE ESTUDIO .....	65
7.5	METODOLOGÍA.....	65
7.6	RESULTADOS .....	67
7.7	DISCUSIÓN .....	69
7.8	CONCLUSIONES .....	72
7.9	LITERATURA CITADA .....	73
8.	DISCUSIÓN GENERAL.....	75
9.	RECOMENDACIONES .....	77
10.	LITERATURA REVISADA .....	78

## INDICE DE FIGURAS

### INTRODUCCIÓN

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	11
--	----

## INDICE DE CUADROS

### CAPÍTULO I

Tabla 1. Relación entre genotipos de los diferentes grupos de abejas y su grado de agresividad expresado en el número de agujones dejados en el señuelo bandera.....	39
--	----

### CAPÍTULO II

Tabla 1. Diferentes estrategias de control de las abejas <i>Apis cerana</i> y <i>Apis mellifera</i> (europea y africanizada) en contra de <i>Varroa destructor</i> .....	49
Tabla 2. Promedio de ácaros colectados mensualmente durante seis meses en los distintos linajes genéticos de <i>Apis mellifera</i> .....	53
Tabla 3. Infestación por <i>Varroa destructor</i> en distintos linajes genéticos de <i>Apis mellifera</i> .....	54
Tabla 4. Frecuencias alélicas de los grupos de abejas <i>Apis mellifera</i> .....	55

### CAPÍTULO III

Tabla 1. Grado de infestación (número de ácaros por colmena) de <i>Varroa destructor</i> a través del tiempo y temperatura en las colonias (n) de <i>A. mellifera</i> .....	67
Tabla 2. Temperatura máxima, mínima y promedio (en grados centígrados) de noviembre y diciembre de 2002 en el interior y exterior de las colmenas.....	68

**FLUJO GÉNICO, COMPORTAMIENTO DEFENSIVO Y EFECTO DE LA  
TEMPERATURA EN COLONIAS DE *Apis mellifera*  
INFESTADAS CON *Varroa destructor***

## RESUMEN

- 1) Se analizaron los distintos genotipos y mecanismos de resistencia de las abejas *Apis mellifera* africanizadas y europeas contra el ácaro *Varroa destructor*. Los distintos grupos genéticos se obtuvieron de 100 colonias de abejas, divididas en cinco grupos con reinas bajo condiciones controladas: reinas africanizadas apareadas con zánganos africanizados (AP), reinas europeas apareadas con zánganos africanizados (F1), reinas europeas apareadas con zánganos africanizados de segunda generación (F2), reinas europeas apareadas con zánganos africanizados de tercera generación (F3) y reinas europeas apareadas con zánganos europeos (EP).
- 2) Las frecuencias alélicas en los distintos grupos de abejas fue determinado mediante el método de electroforesis, con las aloenzimas (malato-deshidrogenasa MDH y hexokinasa HK) como marcadores génicos.
- 3) Se compararon los distintos genotipos y mecanismos de resistencia de las abejas *Apis mellifera* africanizadas y europeas contra la infestación del ácaro *Varroa destructor*. Las estrategias de resistencia de los genotipos africanizados no mostraron evidencias de ser más efectivas en la supresión del ácaro *Varroa destructor* y las colonias africanizadas se encontraron igual o más infestadas con el ácaro que las colonias de abejas europeas.
- 4) Las abejas africanizadas y europeas resultaron igualmente susceptibles al ácaro *Varroa destructor* a bajas temperaturas; por lo que las colonias se encontraron más infestadas durante los meses más fríos.
- 5) El análisis de la agresividad en las abejas europeas, africanizadas y sus híbridos, mostró que la conducta defensiva se incrementó con la hibridación de las abejas europeas y africanizadas, siendo las abejas africanizadas puras y los híbridos europeos F3 los más agresivos.
- 6) Se demostró que el genotipo de la reina juega un papel importante en la conducta defensiva de la colonia, por lo que los distintos genotipos de las reinas exhiben diferencias en la protección del nido.

## 1. INTRODUCCIÓN

El primer registro del género *Apis* se tiene en un fósil descubierto en Alemania y su edad corresponde al Oligoceno Temprano (hace aproximadamente 35 millones de años). Se desconoce si era solitario o social (Seeley, 1985). Este género pertenece a un gran orden de insectos conocidos como Hymenoptera, en el cual se incluyen a hormigas, avispas y abejas. En este orden se presentan especies con organizaciones que van desde solitaria (que llevan una vida autónoma), semi-sociales (donde los insectos no sobreviven en forma aislada), hasta sociales y eusociales. De estas últimas evolucionaron las abejas *Apis* que presentan entre otras las siguientes características (Michener, 1975):

- a) Cooperación de los adultos en el cuidado de la cría y construcción del nido.
- b) Superposición de, por lo menos, dos generaciones consecutivas.
- c) División del trabajo y castas.

En particular el género *Apis* presenta el sistema eusocial más complejo (Seeley, 1985).

El género *Apis* está constituido por cinco especies. *Apis mellifera* se subdivide en 24 subespecies distribuidas en Europa, África y Asia. Las otras cuatro especies de *Apis* se localizan en el Sureste de Asia y son *Apis florea*, *A. dorsata*, *A. laboreosa* y *A. cerana* (Free, 1977, Morse y Hooper, 1985).

Más de dos tercios de las subespecies de *Apis mellifera* viven en África tropical y sub-tropical incluyendo bosques lluviosos, matorral bajo, pantanos neblinosos de las costas, montañas y áridas sabanas; lo que es un claro indicador de la amplia diversidad de hábitats que utiliza *A. mellifera*. Esta especie se subdivide en 11 subespecies en el continente Africano de donde proviene *Apis mellifera scutellata*, cuyo hábitat natural se localiza en las sabanas del Este de Sudáfrica. (Ruttner, 1975).



Las abejas africanas han desarrollado mecanismos de adaptación como son: alta defensividad, enjambrazón y fácil evasión; dando como resultado que estas abejas sean indeseables para los apicultores, así como una gran capacidad dispersiva de los enjambres. (Michener, 1975).

La domesticación de *Apis mellifera* se inició desde la prehistoria, probablemente antes de que nuestros ancestros fueran humanos (Townsend y Crane, 1973 citado por Seeley, 1985). Es probable que, uno de los primeros métodos utilizados para su domesticación fué usar humo para ahuyentar a las abejas, o fuego para matarlas y extraer así los productos de las colonias. Los cazadores se comían la cría y la miel y usaban la cera. Esto se encuentra grabado en rocas del Mesolítico en África, India y España (aprox. 7,000 años A. C.). La siguiente etapa en la domesticación consistió en apropiarse las colonias, es decir, mantener los enjambres en recipientes para aprovecharlos estacionalmente. Un paso posterior hacia la apicultura moderna se dio cuando los humanos construyeron colmenas para las colonias de abejas, pudiendo controlarlas y moverlas a su antojo (Morse y Hooper, 1985).

La apicultura moderna propiamente dicha surgió hace apenas un siglo, cuando Lorenzo L. Langstron descubrió el tamaño del espacio por el cual pasa una abeja, e inventó la colmena con cuadros móviles que permitió la inspección de las colonias y la investigación de éstas (Naile, 1976).

Sin embargo, a pesar de toda la tecnología que se ha desarrollado en relación con el aprovechamiento de las abejas, no se ha alcanzado todavía su domesticación total y en su mayoría siguen siendo silvestres, puesto que aún no se ha logrado su control genético como se ha hecho con las plantas y los animales domésticos. Probablemente siguen siendo las mismas abejas con las que los cazadores de miel se enfrentaban hace miles de años. Los cazadores sólo se acercaban a las colonias más dóciles destruyéndolas, y evitando a las más agresivas (Gentry, 1982). Las características indeseables de las abejas africanas para la apicultura pueden haberse seleccionado artificialmente en esta forma.

Las abejas *Apis mellifera mellifera* y *A. m. ligustica* en América fueron introducidas con fines de producción de miel y cera. Se trajeron en el siglo XVIII, llegando a Florida cuando ésta era colonia española, de donde pasaron a Yucatán (Calkins, 1974; Barto, 1973 citado por Labougle y Zozaya, 1986). La finalidad principal de la apicultura era la producción de cera ya que en ese tiempo se carecía de energía eléctrica y la cera se utilizaba para producción de velas para alumbrarse. Parte del pago de tributos de las colonias a España se hacía mediante cera y miel, así como de muchos otros productos y materias primas (Labougle y Zozaya, 1986).

En México existía la explotación de los géneros de abejas sin aguijón *Trigona ferricauda* en el altiplano y *Melipona beecheii* en la península de Yucatán. En este tiempo estas actividades se encontraban en un grado de desarrollo muy elevado "se tenía el control y propiedad de las colonias". Este nivel se compara con el aprovechamiento de *Apis* que había en Europa en los siglos XVII y XVIII, sin embargo, este género no produce la cantidad deseada de miel por colmena pues produce 12 litros de miel al año (Fernández de Oviedo citado por Zozaya y Labougle, 1986) en comparación con *A. m. mellifera* que produce 35 litros anuales. El promedio de *Apis mellifera scutellata* (abejas africanas en Brasil) es de 12 litros anuales de miel por colmena (Braunstein, 1998).

### **1.1 La Africanización de las Poblaciones de Abejas *Apis* en América**

En 1957, veintiseis reinas africanas de *Apis mellifera scutellata* fueron introducidas a Brasil por Warwick Kerr (Kerr, 1967) para un programa de mejoramiento genético según el cual los híbridos de las abejas africanas producirían el doble de miel que las abejas europeas (abejas de regiones boreales). Ya que éstas presentan una baja adecuación a las regiones tropicales (Seeley, 1985). Pero como resultado de una precaria investigación para la introducción de un nuevo organismo a un nuevo hábitat, la apicultura en Brasil sufrió un revés, cayendo en un 40% en los primeros ocho años a partir de 1957 (Kerr, 1967).

La introducción de las agresivas abejas africanas tuvo como consecuencia la pérdida parcial de la apicultura, problemas de salud pública, por los ataques de abejas a personas y animales domésticos, y deterioro ecológico: competencia por los

recursos con abejas y aves endémicas que se alimentan de néctar y polen y competencia por sitios de anidación con pequeños mamíferos como murciélagos, zarigüeyas, zorros, y aves como loros, pericos y guacamayas. Esto último, debido a que las abejas ocupan oquedades de árboles de 15 litros en promedio (Michener, 1975, Seeley, 1985).

Se ha visto que las abejas africanas se desplazan a una velocidad de 300 a 500 km por año (Taylor, 1977). Estas han logrado dispersarse a casi todos los sitios del continente excepto aquellos con clima templado en donde el promedio de temperatura baja a menos de 10°C durante 210 días al año. En estas condiciones las colonias silvestres de abejas africanas no cubren sus requerimientos energéticos con respecto a los recursos acumulados (Taylor, 1985; Seeley, 1985).

Al llegar a Venezuela en 1976 las abejas africanizadas causaron un dramático impacto en la producción apícola, disminuyendo de 1,300 toneladas a 78 toneladas anuales de miel, lo que supone una caída a menos del 10% en la producción apícola. (Winston, 1992).

En febrero de 1982 las abejas africanizadas arribaron a Panamá. La Comisión del Canal de Panamá se encontraba bien preparada para el arribo de las abejas africanizadas, con campañas de publicidad involucrando a los Ministerios de Agricultura, Educación y Salud, así como las universidades, que habían formado la "Comisión Nacional para el Control y Manejo de la Abeja Africanizada en Panamá". Hasta 1982, la apicultura crecía a ritmo de un 10% al año, y en 1987 los apicultores habían reducido un 40% de sus colmenas. A partir de 1988-1989 se registraron cerca de 600 casos de ataques de abejas africanas a personas y animales, registrándose pocas muertes. Debido probablemente a la campaña publicitaria sobre educación con respecto al problema (Winston, 1992).

En 1986, junto con los primeros enjambres que arribaron a la región costera de Chiapas se inició en México con cooperación de los EE.UU. uno de los programas más extensos y ambiciosos que se han llevado a cabo para el control de un insecto (Fierro *et al.*, 1987). Sin embargo, éste no funcionó en su primer objetivo, que era detener a las abejas africanas o africanizadas, terminando este programa en un

programa de seguimiento para el avance de estas a través del territorio mexicano (Winston, 1992).

El programa consistía en cuarentenas, destrucción de enjambres, mantenimiento de líneas europeas, producción de zánganos y campañas de educación a los apicultores. Contaba con lo siguiente: 39,000 colmenas, 16,000 trampas para zánganos, 141,000 trampas caza-enjambres, 1,150 empleados, 220 vehículos y 8 millones de dólares de gastos compartidos entre los gobiernos de EE.UU. y México. Todo lo anterior para formar una barrera biológica a la altura del Istmo de Tehuantepec, que es la parte más angosta de México (225 km de largo y 170 km de ancho). La barrera biológica propuesta en este programa nunca funcionó (Winston, 1992).

Después de los esfuerzos infructuosos de la Secretaría de Agricultura Recursos Hidráulicos (SARH) y el Departamento de Agricultura (USDA) de los EE.UU. por detener el proceso de africanización, la abeja africanizada o africana llegó a Linares, N. L. En septiembre de 1990, se llevó a cabo en la facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L un trabajo que registró la competencia intraespecífica que involucra los cambios genéticos de las poblaciones de abejas europeas a lo largo del proceso de africanización por la Universidad de Kansas (Taylor *et al.*, 1991).

Tal como se esperaba por las autoridades de México y de EE.UU., las abejas africanas o africanizadas fueron detectadas en una colonia el 15 de octubre de 1990 en el condado de Hidalgo, Texas (Thomas, 1990) y actualmente se encuentran dispersándose por todo el sur de los EE.UU. En este contexto lo interesante es determinar hasta dónde se van a dispersar ya que actualmente se considera que el clima es el único factor limitante.

Actualmente, la apicultura en México tiene una gran importancia social y económica. De ella dependen alrededor de 400,000 personas, ya sea de manera directa, trabajando como apicultores, o de manera indirecta, elaborando equipo apícola o comercializando los productos de las abejas. Además, la apicultura es una de las tres primeras fuentes captadoras de divisas del subsector ganadero en México. En 1997 se produjeron 54,000 toneladas y se exportaron 29,700 toneladas

de miel, que generaron divisas del orden de los 35 millones de dólares (PNCAA 1998). La apicultura mexicana es manejada por aproximadamente 40,000 apicultores, la mayoría campesinos que con la venta de la miel y cera, obtienen un aumento sustancial en el ingreso familiar, 90 % de la miel producida en el campo mexicano se exporta al extranjero (Bancomext, 1999).

México exporta miel regularmente a Alemania, Reino Unido y a los EE.UU. que en su conjunto reciben más del 90 % de la exportación total mexicana. De la misma manera, pero en menor medida, se ha exportado a Suiza, Bélgica y Luxemburgo, al igual que a Arabia Saudita que ya figuró como cuarto mercado de destinos en 1995 y el primer trimestre de 1996, así como modestas cantidades a mercados no tradicionales como Guatemala y Venezuela (Bancomext, 1999).

Debido a problemas de africanización e infestación del ácaro *Varroa destructor*, la producción apícola ha seguido un patrón decreciente en la producción; la exportación cayó a la mitad de lo que era en 1991, al pasar de más de 50 mil toneladas en ese año a sólo 25.7 mil en 1995. En promedio, se exportaron 35.7 mil toneladas anuales durante el quinquenio 1991-95 con un valor promedio de 1,007 dls/ton. Durante 1995, se registró el volumen más bajo de las últimas dos décadas con un valor promedio de 1,187 dls/ton, siendo éste, más alto en los últimos años (Bancomext, 1999).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general:**

Analizar la problemática de las abejas *Apis mellifera* europeas y africanizadas relacionadas con su parásito el ácaro *Varroa destructor*.

### **2.2 Objetivos particulares**

a) Determinar la conducta defensiva de las diferentes líneas genéticas de abejas *Apis mellifera* africanizadas, europeas y sus híbridos.

b) Medir la infestación del ácaro *Varroa destructor* en colonias de abejas africanizadas, europeas y sus híbridos.

c) Evaluar el daño causado por el ácaro *Varroa destructor* a las colonias de abejas *Apis mellifera*.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Municipio de Linares, N. L., se encuentra situado entre las coordenadas 25° 09' y 24° 33' Norte y 99° 54' y 99° 07' Oeste a 350 m.s.n.m. Abarca una superficie total de 2,445.3 km<sup>2</sup> (SPP, 1986) (Figura 1).

#### Clima

En el área se presentan dos tipos de clima. En las zonas de la planicie y lomeríos se encuentra un clima semiárido con dos periodos de lluvias definidos, uno largo en el verano y uno corto en el invierno, separado por un periodo de sequía corto. La temperatura media de este clima es de 23°C y la del mes más frío es de 18°C. La precipitación media anual es 600 mm. Las partes montañosas presentan un tipo de clima subhúmedo semicálido (A) C'(X") (Wo") A (E) con dos periodos de lluvias definidos, uno largo en el verano y uno corto en el invierno. La temperatura media es de 21°C y la precipitación media anual es de 750 mm (SPP, 1986).

#### Topografía

La zona de estudio se localiza dentro de tres provincias fisiográficas de la Llanura Costera del Golfo Norte con una topografía quebrada y elevaciones graduales desde 200 hasta los 400 m.s.n.m. La gran Llanura de Norteamérica presenta extensas planicies y escasos lomeríos, muy distantes entre sí y la Sierra Madre Oriental presenta una topografía muy quebrada compuesta de Sierras Paralelas con angostos valles intermontanos que van desde 550 hasta los 1,850 m.s.n.m. (Estrada y Marroquín, 1988).

#### Geología

Los principales afloramientos presentes son de roca sedimentaria del periodo Cretácico y afloramientos del Terciario, del Paleoceno y Eoceno cubiertos por depósitos sedimentarios más recientes de la era cuaternaria del periodo Pleistoceno.

Las rocas sedimentarias presentes son calizas, lutitas, conglomerados y margas y se presentan los suelos xerosoles, fluviosos, regosoles, rendzinas, vertisoles, castañosem y phaozem (SPP, 1986).

### **Vegetación**

El Municipio de Linares cuenta con seis tipos de vegetación (Villegas, 1972):

- Matorral alto subinerme de barreta
- Matorral mediano subinerme
- Matorral alto espinoso con espinas laterales
- Bosque esclerófilo
- Bosque esclero-aciculifolio
- Bosque caducifolio espinoso de *Prosopis*

Los tres tipos de matorral se presentan particularmente en áreas planas y zonas de escasos lomeríos. Algunas especies características de esta zona son: *Cordia boissieri*, *Porlieria angustifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Acacia rigidula*, *Acacia farnesiana*, *Pithecellobium pallens*, *Zanthoxylum fagara*, *Leucophyllum frutescens*, *Prosopis* spp.



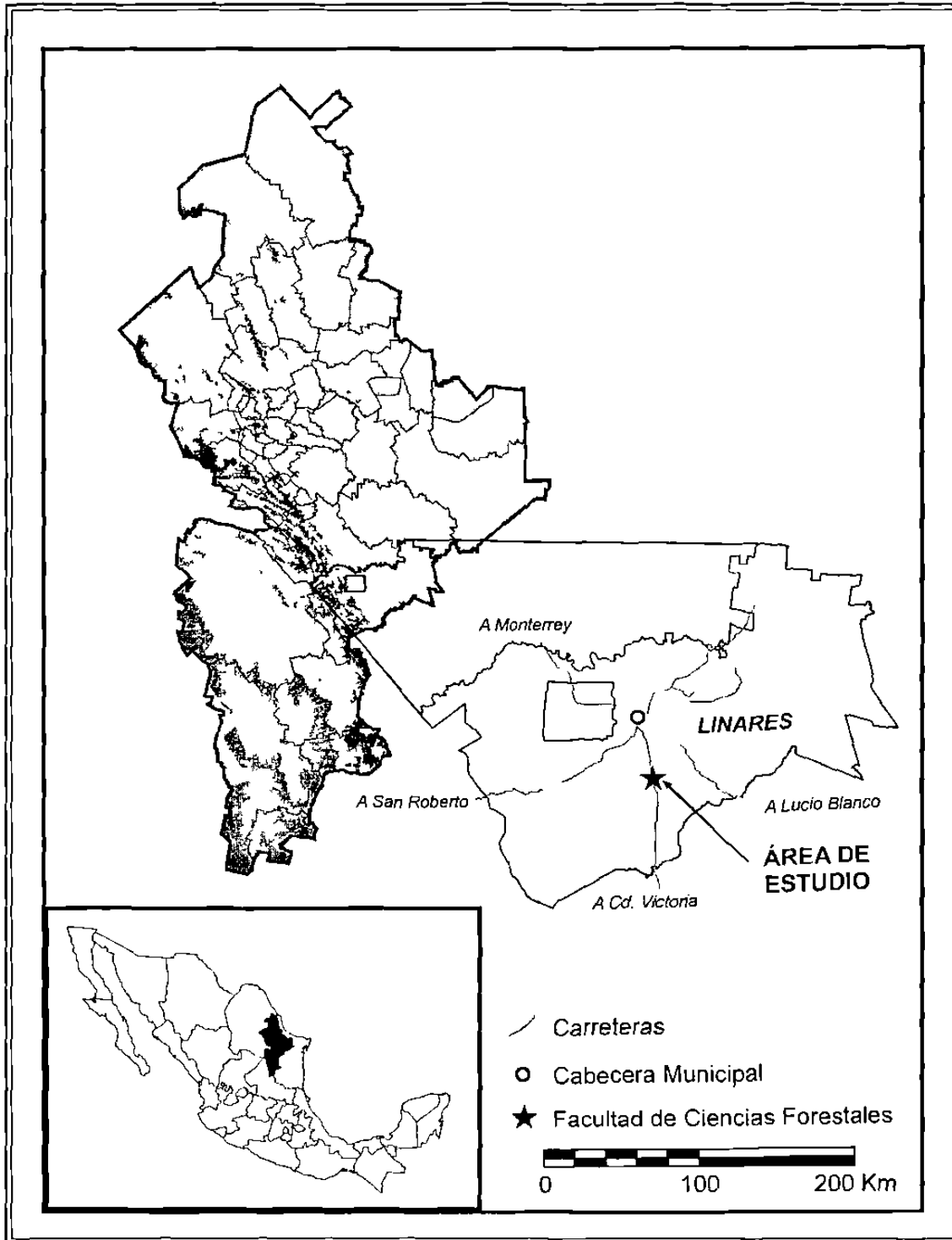


Figura 1. Ubicación del área de estudio

#### 4. ANTECEDENTES

La convergencia de las abejas europeas, africanas y el ácaro *Varroa destructor* en el continente Americano es muy reciente, por lo que las relaciones adaptativas entre el parásito y sus hospederos se encuentran en un estado de adaptación.

*Varroa destructor* es un ácaro nativo de Asia que infesta a la abeja oriental *Apis cerana* (Delaplane, 1994). La distribución geográfica de la abeja *A. cerana* y el ácaro *Varroa* abarca desde China a Indonesia y de Afganistán a Japón (Cheng, 1967). Este parásito obligado ataca a las abejas principalmente en su estado larvario (FAO, 1986); la hembra vive alimentándose de la hemolinfa de las larvas y de las abejas adultas (Donze *et al.* 1998).

*Varroa destructor* presenta evidencias de coevolución con *Apis cerana* como son, el que la *Varroa* sólo se puede desarrollar en las larvas de zánganos, ya que el tiempo de desarrollo de las obreras es más corto que el de *Apis mellifera*, lo que impide que el ácaro alcance la madurez sexual antes de la emergencia de las abejas (Knobelpreis, 1997).

El ácaro *Varroa* se dispersó de Asia a Europa y posteriormente al Norte de África y más tarde, por toda América; esto ocurrió debido a los movimientos comerciales de abejas *Apis* por todo el mundo (FAO, 1986).

En México, *Varroa* se detectó en el año de 1992 en el municipio de Medellín de Bravo, en la zona centro de Veracruz. Casi al mismo tiempo fue detectado en Oaxaca, Puebla y Tamaulipas (Chihui, *et al.*, 1992). En la actualidad, el ácaro *Varroa* se encuentra en todo el país.

##### 4.1 Mecanismos de Resistencia contra *Varroa* en las Abejas Nativas de Asia

El mecanismo más importante para limitar los daños de *Varroa* en *Apis cerana* es la restricción de *Varroa* a la cría de zánganos (Woyke, 1989, Koeniger, *et al.*, 1993; Rath, 1992), donde principalmente lleva a cabo su ciclo de vida (Donzé y Guerin, 1994).

Koeniger (1987) y Peng, *et al.*, (1987) citados por Boecking, *et al.*, (1991) sugieren que la conducta de acicalamiento en las abejas asiáticas *Apis cerana*, es la razón por la cual estas abejas tienen una baja infestación, debido a que las abejas atrapan y matan a los ácaros con sus mandíbulas. El comportamiento de evasión en *Apis cerana* reduce en mayor medida la presión de varroas sobre la colonia (Woyke, 1976). Drescher (1990) en Koeniger, *et al.*, (1993), menciona que las abejas ceranas se mantienen abriendo los opérculos de las obreras donde se encuentran las ácaros, siendo este el motivo por el que las *Varroas* difícilmente se reproducen en la cría de obrera en *Apis cerana* (Koeniger, *et al.*, 1993).

Estos fenómenos se reportan también para *Apis dorsata* como mecanismo de defensa contra el ácaro *Tropilaelaps clareae* (Koeniger, *et al.* 1993). *Apis dorsata* también tiene un comportamiento activo de cazar y mutilar ácaros lo que en *Apis mellifera* no fue observado (Koeniger, *et al.*, 1993).

Otro mecanismo de eliminación de ácaros en las abejas *Apis dorsata* es la evasión del nido, dejando con ello un gran número de ácaros; este mecanismo casi no se registra en las abejas *Apis mellifera* europeas (Koeniger, *et al.*, 1993). Este comportamiento exhibido por *Apis dorsata* ha mostrado que un alto número de ácaros de *Tropilaelaps clareae* muere cuando las colonias cesan la producción de cría y se evaden del nido (Delfinado-Baker y Peng, 1995).

#### **4.2 Mecanismos de Resistencia en las Abejas *Apis mellifera* al Ácaro *Varroa destructor***

Se tiene evidencia que las abejas africanas son resistentes al ácaro *Varroa destructor*, pero presentan características indeseables para la apicultura (De Jong, *et al.*, 1984).

Las abejas europeas son más susceptibles al ácaro *Varroa destructor* pero hasta ahora las características de las abejas europeas han sido de mayor beneficio para la apicultura (Woyke, 1989).

Dentro de cada raza de abejas parece existir alguna variación en su respuesta hacia el ácaro *Varroa*, como es la atracción de la cría hacia el ácaro, el número de ácaros hembras infértiles en las celdas de obreras, el comportamiento de acicalamiento y el tiempo de operculado de las celdillas de obreras, pero hasta ahora no se ha encontrado una evidencia clara de resistencia de las abejas europeas a *Varroa* (Koeniger, *et al.*, 1993).

#### 4.2.1 Infertilidad en *Varroa*

Se han reportado líneas de abejas hospederas infestadas con *Varroa* con niveles altos de infertilidad en los ácaros (Rosenkranz *et al.*, 1994; Harbo y Hoopingarner, 1995). Algunos trabajos muestran que la eficiencia reproductiva del parásito fue menor en colonias resistentes, debido al incremento de hembras no reproductoras y en un reducido porcentaje de machos en la progenie (Eguaras, *et al.*, 1996). En Sudamérica una alta proporción de hembras infértiles ha sido relacionada con climas tropicales (Ritter y De Jong, 1984). Sin embargo, otros estudios han mostrado que los porcentajes de varroas hembras infértiles fueron los mismos independientemente de la raza de abejas (Rosenkranz *et al.*, 1994; Woyke, 1989).

Knobelpreis (1997) asegura que no hay infertilidad en *Varroa*, sino que hay abejas con ciclos de vida más cortos. Si el tiempo de desarrollo de las obreras es más corto, esto impide que el ácaro alcance la madurez sexual, antes de la emergencia de las mismas.

#### 4.2.2 Tiempo de Operculado

Las celdillas de obreras en *Apis mellifera mellifera* permanecen selladas por 12 días mientras que las de *Apis mellifera capensis* Thomas sólo 9.6 días (Woyke, 1989). Un tiempo de operculado más corto en las abejas obreras contribuye a la resistencia de las abejas africanizadas, este tiempo es 24 horas menos que el de las abejas europeas (Camazine, 1986). El tiempo de desarrollo de las obreras

africanizadas es más corto, lo que impide que el ácaro alcance la madurez sexual antes de la emergencia de las mismas (Knobelpreis, 1997).

#### 4.2.3 Acicalamiento

La conducta de acicalamiento es exhibida por las abejas, en el cual las varroas no sólo son desprendidas del cuerpo de las abejas, sino también mutiladas con las mandíbulas (Woyke, 1989). En la abeja europea esta capacidad para dar muerte al parásito sólo se ha observado en dos razas de abejas, *Apis mellifera iberica* Martin (Puerta, *et al.*, 1994) y *Apis mellifera carnica* Stephen (Ruttner y Hänel 1992, citados por Eguaras, *et al.*, 1996). Este comportamiento es el único mecanismo de resistencia conocido que afecta la susceptibilidad de las abejas adultas a ser infestadas por los ácaros y puede ser heredado en abejas africanizadas (Guzmán-Novoa *et al.*, 1996).

#### 4.2.4 Tamaño de Celdillas

El promedio de longitud de diez celdillas de los panales de obreras muestra poca variación entre especies, sin embargo, existe una variación considerable entre los nidos de las subespecies de *Apis mellifera scutellata* Peters con las de *Apis mellifera ligustica*. El promedio de diez celdillas de *A. m. scutellata* es de 4.6 a 5.0 cm. y el de *A. m. mellifera* de 5.0 a 5.4 cm. (Spivak, *et al.*, 1998).

Se menciona que las celdillas de menor tamaño afectan la infestación y la reproducción de *V. destructor* en las abejas africanizadas de Brasil, esto se debe a que las abejas concluyen su desarrollo en periodos más cortos de tiempo, es decir, de 19 a 20 días (Message, *et al.*, 1995).

#### 4.2.5 Conducta higiénica

Boecking, *et al.* (1991), mencionan que sus datos mostraron que abejas melíferas habían evidenciado mecanismos de desoperculado y remoción de crías

infestadas por los ácaros. Las crías muertas no emiten feromonas y consecuentemente las abejas nodrizas las remueven; es incierto cómo las abejas reconocen a las *Varroas* en las crías de celdillas operculadas. Probablemente las larvas de abejas parasitadas liberan menos feromonas y consecuentemente las larvas ya no son aceptadas por las abejas nodrizas (Rath, 1992).

Una correlación interesante fue la descrita por Spivak y William (1998) quienes mostraron que abejas jóvenes resistentes a la enfermedad conocida como Loque americana (*Bacillus larvae*) removieron a todas las larvas enfermas independientemente de la disponibilidad de néctar, pero abejas más viejas lo harían sólo durante el flujo de néctar. Esto denota dos diferencias marcadas entre abejas africanas y europeas; estas últimas no tienen abejas jóvenes en el invierno y las abejas africanas tienen una producción de abejas jóvenes todo el año. La conducta higiénica se incrementa durante el flujo de néctar en las abejas que presenten o no esta conducta (Momot y Rothenbuhler, 1971, en Szabo, 1998).

Sin embargo, estudios más recientes relacionados con la conducta higiénica, corroboran que este comportamiento no tiene ninguna correlación con la tolerancia a *Varroa* (Spivak, 1998).

#### 4.2.6 Evasión

Uno de los mecanismos de tolerancia al ácaro puede ser la evasión de las abejas dejando la colonia con cría como lo menciona Woyke (1976) en las abejas *Apis cerana*.

La evasión está relacionada con el metabolismo de las abejas, siendo las europeas las que presentan una tasa metabólica menor en comparación con las abejas africanas. Este factor es el que determina su lenta dispersión (Hall y Harrison, 1993). Seeley (1985) reporta que las abejas europeas se dispersan solamente 1 ó 2 km por año. Por el contrario, una de las características de las abejas africanas es su gran capacidad de dispersión (Rinderer, 1985; Taylor, 1985; Winston 1987).

#### **4.2.7 Atracción de las Crías hacia *Varroa***

Guzmán-Novoa y colaboradores (1996), sugieren que quizá la capacidad reproductora de *Varroa* se vería reducida mediante la selección de cría menos atractiva a los ácaros, así se podrían criar abejas mas resistentes.

### **4.3 Tratamientos contra *Varroa***

#### **4.3.1 Tratamientos Biológicos o Alternativos**

Se ha observado que la remoción de la cría operculada por 24 días ha mostrado una disminución en la infestación de *Varroa*, llegando hasta un 90% (Ruttner y Koeniger, 1980, citados por Fries y Hansen, 1993); esto le ofrecería al apicultor la oportunidad de controlar los ácaros sin la introducción de químicos en las colmenas (Fries y Hansen, 1993). Se obtienen mejores resultados en colonias que se encuentran sin cría (Rademacher, 1993).

#### **4.3.2 Tratamientos Químicos o Comerciales**

Se tiene la experiencia de que si el apicultor no interviene en la protección de sus colmenas, en un período de unos dos meses, en su apiario empiezan a nacer abejas deformes, contraídas y poco vigorosas. La mayor parte de las larvas no será ni siquiera capaz de completar su desarrollo y en unas tres semanas la colonia está destinada a desaparecer (Braunstein, 1998).

En el pasado reciente ha sido justamente el continuado uso del fluvalinato, en virtud de su eficacia y facilidad de uso, lo que ha causado que varroa se haya hecho rápidamente resistente a este (Barbero, *et al.*, 1997).

Ante la posibilidad de que la varroa haya desarrollado el fenómeno conocido como resistencia cruzada, no sería sorprendente que la resistencia al fluvalinato signifique también un cierto grado de resistencia a un piretroide de su misma familia como la flumetrina. Por el hecho de que *Varroa* está desarrollando resistencia a los piretroides, se ha intensificado la búsqueda de alternativas para su control

(Rodríguez, 1997). Entre estas alternativas se encuentra la identificación de líneas de abejas resistentes a los ácaros (Spivak y William, 1998).

Se tienen reportes en Italia de que la varroa adquiere resistencia en pocas generaciones a los acaricidas mediante factores heredables *in situ*; además, los ácaros funcionan como vector de enfermedades y producen en las abejas una mayor tendencia a la enjambración (Beker, 1998).

Aunque el tratamiento tuviese el mismo porcentaje de eficacia, las pocas varroas que sobrevivirían serían resistentes al acaricida y tendrían la capacidad de destruir a la colonia en un periodo de dos años (De Jong, 1998a). Sin embargo, en las zonas tropicales de México y algunos estados de la Unión Americana hay postura todo el año y mientras no se disponga de productos alternativos de alta eficacia que se puedan utilizar durante el período estival o en presencia de cría, tendremos ácaros reinfestando las colonias todo el tiempo por lo que se hace necesaria la aplicación de acaricidas (Barbero, *et al.*, 1997).

#### **4.4 La Temperatura como Factor Limitante de la Infestación de *Varroa* en *Apis mellifera***

Algunos autores sostienen que el clima es el principal determinante del tamaño de las poblaciones de insectos (Soberón, 1989). Asimismo, el clima es el factor principal en la selección de las poblaciones de insectos (Darwin, 1856).

De acuerdo a un escenario evolutivo hipotético, las diferencias entre tipos de abejas tiene su raíz en la evolución del comportamiento en los ambientes y condiciones ecológicas que las afectaron (Schneider, 1993).

Es por lo anterior, que las abejas en las zonas de climas templados tienen condiciones invernales que producen cambios dramáticos en su biología. El conglomerado de abejas es muy compacto dentro del nido, usando las reservas de miel como fuente de energía para generar calor mediante temblores (Morse y Hooper, 1985).



A diferencia de las abejas europeas, las africanas evolucionaron en trópicos y no muestran cambios drásticos durante el invierno, siendo claro que éstas, tienen como estrategia la multiplicación de la progenie contra la *V. destructor*. Es por esto que la enjambrazón es 3 veces más frecuente en las abejas africanas (Seeley, 1985).

Probablemente la diferencia más significativa en el manejo de las abejas se da entre zonas tropicales o subtropicales y templadas; los ciclos de las estaciones son radicalmente diferentes en estas zonas ecológicas. En las zonas templadas con su alternancia anual de estaciones calientes y frías, las colonias de abejas pasan por un período de confinamiento durante el invierno, con poca o casi nada de cría. En la mayoría de las regiones tropicales por el contrario, la cría de abejas se mantiene todo el año con esporádicos cortes durante el mal tiempo o en los periodos de sequía, pero éstos suelen ser muy cortos (FAO, 1986).

Las colonias de abejas en climas templados son especialmente susceptibles a las infestaciones de *Varroa* por el estrés causado debido al frío del invierno, durante el cual las obreras viven más tiempo que las abejas criadas durante la primavera y el verano (Ritter y De Jong, 1984). Las abejas adultas infestadas con *Varroa* durante su desarrollo larvario tienen un período de vida considerablemente más corto a las abejas que no están infestadas, pudiendo incluso morir en los primeros días del otoño con lo que la población se puede reducir para los tiempos críticos de invierno (De Jong, *et al.*, 1983).

La infestación de *varroa* varía dependiendo de la estación del año, el tamaño y fortaleza de la colonia (De Jong, 1988).

Una investigación desarrollada en Brasil mostró que los índices de infestación observados en las regiones templadas fueron mayores que los de las regiones tropicales (Moretto *et al.*, 1991). De cualquier manera, se observó que las colmenas aunque tenían una alta infestación, no fueron destruidas como en Europa. Sin embargo, la infestación en algunas de las colonias de la región fría, fue lo suficientemente alta para retardar su desarrollo y limitar su producción (De Jong *et al.*, 1982).

Diversos estudios han mostrado diferencias en los niveles de infestación. En climas fríos se llega a 76% y en los trópicos a 43% (Rutter y De Jong, 1984, en Marcangeli, *et al.*, 1991). En zonas con climas templados, la población del ácaro se puede incrementar rápidamente a niveles muy altos, lo que llevaría a una declinación y muerte de la colonia (De Jong, *et al.*, 1983). La correlación de infestación en las estaciones del año coincide con las correlaciones de las localidades, en primavera fue de 71.9% y en el otoño fue del 55.8 % (Marcangeli, *et al.*, 1991).

Asimismo, se tiene evidencia de que cuando la temperatura exterior es menor a 10°C, la temperatura del área de cría cae a los 28°C y el desarrollo de las abejas obreras puede tomar más de 21 días, quizás 24 días ó más (Morse y Hooper, 1985).

En una investigación realizada por Rosenkranz, *et al.* (1994) se probó que la temperatura afecta la fertilidad de los ácaros; al mover cuadros de cría recién operculados del centro del nido hacia los extremos en dos colonias de abejas africanizadas. La temperatura en las celdas de cría fue subsecuentemente medida y cinco días más tarde las celdillas revisadas; la temperatura media en la periferia del nido fue un grado centígrado menor al registrado en el centro. En las dos colonias los porcentajes de ácaros infértiles fueron ligeramente mayores en el centro del nido, en comparación con los cuadros de la periferia, aunque las diferencias no fueron significativas.

Igualmente en Brasil, se observó que cuando la disponibilidad de cría va disminuyendo en el invierno, un mayor número de ácaros son encontrados sobre las abejas adultas por lo tanto la infestación de *Varroa* aumentará tanto en cría como en abejas adultas (Moretto *et al.*, 1991).

Otro factor que afecta a nivel molecular las poblaciones de abejas, es su tasa metabólica, la cual es menor en las abejas europeas que en las africanas o africanizadas, debido a que existe un desfase en las interacciones de las enzimas metabólicas que son codificadas en las mitocondrias (heredadas directamente de la matrilinea de las abejas africanas) y las enzimas estructurales del

citoplasma (Hall, 1991). Estas últimas pueden ser de un metabolismo más lento en las abejas europeas y causar una mala coordinación para la regulación de las funciones a nivel molecular, lo cual puede contribuir a una de las posibles desventajas en los híbridos o en las abejas europeas (Hall y Muralidharan 1988, Hall, 1991). Por lo que la selección es a favor de las características africanas, las cuales tienen una mejor adaptación al medio tropical o subtropical (Hall y Harrison, 1993). Sucede lo mismo en las regiones templadas con las abejas africanas, cuando comienza el invierno los enjambres con caracteres africanos desaparecen y quedan abejas con características europeas (Rinderer, *et al.*, 1994).

#### **4.5 Las Abejas Africanizadas y el Factor de la Conducta Defensiva.**

La introducción de las abejas africanas a America dio como resultado el fenómeno de la africanización de las poblaciones de abejas europeas, sobre el cual hay diversas teorías y controversias entre científicos, apicultores y políticos. Una de estas diferencias se dio por la incertidumbre al momento de nombrar a estas abejas ¿africanas o africanizadas?

Taylor en 1985 propone que el frente de avance de las abejas africanas es puramente africano debido a mecanismos de aislamiento reproductivo. Ya que si no fuese así, las abejas africanas se encontrarían al sur del continente porque los integrantes del frente habrían incorporado a su genoma parte de la información genética de las abejas europeas, siendo éste, el factor para frenar el avance de los enjambres híbridos, puesto que las abejas europeas se dispersan de uno a dos km por año (Seeley, 1985). Una de las características distintivas de las abejas africanas es su gran capacidad de dispersión (Taylor, 1985; Winston, 1987; Rinderer *et al.*, 1985).

El metabolismo de las abejas europeas es menor al de las abejas africanas, siendo éste, otro de los factores para su lenta dispersión (Harrison y Hall, 1993). Por otro lado, Hall y Muladirharan (1989) llevando a cabo análisis del DNA-mitocondrial en colonias silvestres de abejas africanas, encontraron que el aporte de material genético de las abejas europeas a las africanas era de solo 3% en promedio y que

por lo tanto el aporte génico era mínimo. Por esta razón, Taylor y Hall, en sus publicaciones, nombran a estas abejas africanas.

La idea que defendieron, tanto la SARH como el USDA de los EE.UU. es que en su recorrido a través del territorio mexicano las abejas africanas se someterían a un proceso de hibridación mediante el cual las características indeseables para la apicultura se verían menguadas por la presencia de 2.6 millones de colmenas que existían en México (Riderer *et al.*, 1985; Labougle y Zozaya, 1986). Pero esta idea fue desechada con la llegada de los primeros enjambres con características indeseables para los apicultores a Brownsville, Texas en 1990 (Thomas, 1990).

En la actualidad, el factor que más afecta a la actividad apícola en México es la presencia de las abejas africanizadas (Guzmán-Novoa *et al.*, 1996). Antes de la llegada de las abejas africanizadas a nuestro país en 1985, el número de colmenas se consideró en 2,300,000 la producción de miel en 62,000 toneladas y la exportación en 48,000 toneladas (SAGADER, 1998). No obstante, durante los últimos cinco años de 1994 - 1999, ha habido una disminución en el número de colmenas y en la producción y exportación de miel que han disminuido considerablemente. Por ejemplo, durante 1995 la producción fue de menos de 48,000 toneladas, mientras que la exportación fue de sólo 25,000, lo que representa un 52% de la miel que exportábamos hace 15 años (Bancomext, 1999). En cuanto al número de colmenas no hay cifras precisas, el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana de la SARH reporta 1'800,000, pero el número podría ser menor (Guzmán-Novoa, *et al.*, 1996).

La conducta marcadamente defensiva, es la característica más nociva de las abejas africanizadas. Varios estudios han demostrado que las abejas africanizadas son significativamente más defensivas que las abejas europeas y que esta característica es altamente heredable (Collins *et al.*, 1982<sup>a</sup>; Villa 1988; Guzmán-Novoa y Page, 1993, 1994<sup>a</sup>; Stort, 1975<sup>a</sup>; Collins *et al.*, 1984; Collins 1986<sup>a</sup>).

Collins *et al.* (1980) elaboraron un modelo conductual de las abejas, de cuatro fases: alerta, activación, atracción y culminación. Primero, las abejas vigilantes liberan feromonas de alarma para reclutar a otras abejas. En la segunda fase, las

abejas guardianas y las reclutadas buscan la piquera u otra salida al exterior de la colmena. En la tercera fase, las abejas vuelan y se orientan hacia el posible agresor. Por último, las abejas rondan volando alrededor del agresor y lo pican. También es sabido que las abejas incrementan su tendencia a picar conforme aumenta la feromona de ataque en el ambiente (Burrell y Smith 1994, Paxton *et al.*, 1994).

En México, la conducta defensiva de las abejas africanizadas ha ocasionado alrededor de 3,000 accidentes de picaduras a personas, de las cuales más de 300 han muerto (Cajero, 1995).

La consecuencia directa en la apicultura de la agresividad de las abejas es el abandono de la actividad y la reducción del número de colmenas por parte de los campesinos (Michener, 1975). El tener abejas agresivas y evasivas, aumenta los costos de producción porque fuerza a los apicultores a ubicar sus apiarios en sitios más remotos (Wiston, 1992). De la misma manera, los costos aumentan por concepto de equipo de protección (Guzmán-Novoa y Page, 1994b).

Hoy en día, la apicultura en toda Latinoamérica es más compleja y costosa, debido a la africanización y a que no se toman medidas adecuadas para su control. La tendencia es que se sigan perdiendo más colmenas, ya que los grandes apicultores tienden a desaparecer y la gran mayoría se volverán microproductores con un promedio de diez colmenas cada uno, como se ha registrado en la apicultura Brasileña (Wiston, 1992). Como resultado de lo anterior, la producción y exportación de miel seguirán bajando. Es por esto, que la búsqueda de soluciones para controlar los efectos perjudiciales de la africanización de las colonias de abejas, es de suma importancia.

#### **4.6 Técnicas para Evaluar la Conducta Defensiva de las Abejas**

Para evaluar el comportamiento defensivo de las abejas se realizan pruebas de campo que incluyen el uso de un objeto suspendido y en movimiento, hecho de cuero, que son presentados frente a la entrada de la colmena y la reacción se mide

durante un lapso de 120 segundos (Guzmán-Novoa y Page, 1993, 1994<sup>a</sup>; Collins y Kubase, 1982).

El método tradicional o de bandera, consiste en agitar un pedazo de cuero sostenido por una varilla de madera para incitar a las abejas a picarlo (Maschwitz, 1964, Stort 1974). Entre estas pruebas también se incluyen las de electrocución, que consisten en aplicar un estímulo eléctrico a las abejas para provocar que piquen un sustrato (Paxton *et al.* 1994). Los investigadores reportaron que los métodos podían discriminar entre colonias dóciles y colonias altamente defensivas (Villa, 1988).

#### **4.7 Métodos de Identificación y Análisis de Abejas**

En relación a los métodos de identificación y control de las abejas africanizadas se han realizado una gran cantidad de propuestas. En cuanto a los métodos de identificación existe: cromatografía de gases, ELISA de proteínas específicas, por sonido mediante la diferenciación entre las frecuencias emitidas por las alas de las abejas, cuantificación del número de piquetes en una bola de paño negra por minuto, morfológicos (F.A.B.I.S.), etológicos (experiencia en las observaciones de campo) y químico-biológicos, entre los que se encuentra la electroforesis y muchos más (Freeman *et al.*, 1992).

El fenómeno de transformación de las poblaciones de abejas que se dio con el proceso de africanización, hizo necesario que se desarrollaran técnicas que diferenciaran entre razas de abejas y sus híbridos, ya que los matices de este proceso en algunos casos son muy finos y difíciles de detectar a simple vista. La controversia creada por este hecho dentro de los medios científicos. Con respecto a si eran africanas o africanizadas, fue sofisticando cada vez más los métodos utilizados, entre las cuales destacan:

##### **a) Observaciones de campo**

Para los apicultores las diferencias conductuales son más importantes que conocer si son africanas o africanizadas y lo que les interesa es tener abejas con características más apegadas a las conductas europeas: dóciles, tranquilas, de vuelo

lento, con baja enjambrazón, de baja defensividad, con poca persistencia en la defensa del nido y una alta producción de miel, por lo tanto, los apicultores, tratan de no involucrarse con las abejas africanas, cuyas características son abejas más rápidas, nerviosas, agresivas, de alta irritabilidad, listas a aguijonear, con una gran capacidad para volar grandes distancias y una alta producción de miel (Free, 1977, Winston, 1992). El medio ambiente puede hacer variar estos patrones de conducta (Collins *et al.*, 1980).

b) Medición del tamaño de las celdillas de abejas obreras.

Las medidas de las celdillas de obreras en los panales de los nidos de las abejas *Apis* pueden servir para hacer estimaciones de campo (Rinder, 1986; Spivak, 1999). Esto podía dar diferencias entre las celdillas hexagonales de las especies de *Apis* (*A. mellifera*, *A. dorsata*, *A. cerana*, y *A. florea*). El promedio de longitud de diez celdillas de los panales de obreras muestra poca variación entre especies, sin embargo existe una variación considerable entre los nidos de las subespecies de *Apis mellifera scutellata* con las de *Apis mellifera ligustica*. El promedio de diez celdillas de *scutellata* es de 4.6 a 5.0 cm y el de *Apis mellifera mellifera* de 5.0 a 5.4 cm (Spivak *et al.* 1998). Estos panales deben ser naturales y no provenir de cera estampada, de lo contrario se tendrían estimaciones erróneas.

c) Morfometría.

Este fue el primer método utilizado para distinguir entre abejas europeas y abejas africanas o africanizadas y fue desarrollado por Howell Daly en la Universidad de California. Este método consiste en utilizar 25 partes del cuerpo de una sola abeja para la determinación de su raza. Sin embargo, este método toma 5 horas para analizar 10 abejas, fue por esto, que el USDA de EE.UU. desarrolló un sistema más rápido y eficiente denominado "FABIS" (fast africanized bee identification system), que en español significa "sistema rápido para la identificación de abejas africanizadas". Aunque se afirmaba que su efectividad era de casi 100%, este sistema seguía siendo lento puesto que una persona sólo podía identificar 50 abejas por día (Winston, 1992). Muchos investigadores cuestionan, sin embargo, su

eficiencia ya que tiene diferencia entre africanas o europeas, ningún morfo intermedio. Los híbridos siempre se consideraron como abejas europeas, pero se comportan como las abejas africanas (Freeman, 1992).

d) Análisis de Aloenzimas por medio de Electroforesis.

Esta técnica se ha convertido en una herramienta para el estudio de la genética de poblaciones y ha servido para resolver muchas preguntas de especiación, deriva génica, dispersión, tamaño de la población, hibridación interespecífica, poliploidia, mecanismos de selección en el apareamiento y procedencia espermática. Todos estos son ejemplos de las relaciones genéticas (Nunamaker y Wilson 1981; Werth, 1985).

La Técnica de electroforesis se realizó originalmente con el objetivo de conocer la variación en el desarrollo ontogénico entre las diferentes razas de *Apis* en Europa (Sylvester, 1976; Martins et al, 1976). Tanto los primeros estudios en *Apis* como los estudios actuales muestran poco polimorfismo en sus loci y la heterocigosis es muy pequeña en poblaciones de insectos eusociales (Pamilo, 1979, Sylvester, 1986).

La variabilidad genética es casi nula en poblaciones pequeñas de insectos haplodiploides (Las abejas *Apis mellifera* son haplo-diploides, es decir que la determinación del sexo se da de la siguiente manera: huevos haploides dan origen a machos (zánganos) y huevos diploides (fertilizados) dan origen a hembras (reinas y obreras). A este tipo de determinación del sexo se le ha definido como haplodiploidía y la heterocigosis por locus es aún menos en las especies eusociales (Wilson, 1971).

Lo anterior debido a las condiciones estables y constantes dentro del nido. En el cual los miembros de la colonia perciben el medio ambiente como de grano fino (Pamilo, et al., 1978; Cornuet, 1979; Silvestre, 1982, 1986; Selander, 1986).

Las abejas *Apis mellifera* de Australia presentaron polimorfismo de 2.8% en tres enzimas esterases (Gartside, 1979). En Brasil se encontró que la malato-deshidrogenasa en estados inmaduros de las abejas no presentan polimorfismo (Mestriner y Contel, 1972; Martins y Mestriner, 1976).



En Sicilia, Italia, en 1985, con excepción de la MDH y la EST, todos los sistemas enzimáticos fueron monomórficos. La EST-s o alelo lento fue el alelo más típico en las poblaciones de abejas de Sicilia, por lo tanto podría ser usado como marcador genético para las abejas de esta región (Badino, 1985).

Por otra parte, se encontró que existía una variación génica en la enzima MDH malato-deshidrogenasa (Cotnel *et al.*, 1977; Cornuet, 1979; Sylvestre, 1982; Badino y Manino, 1984, 1983, 1982; Nunamaker y Wilson, 1984; Sheppard, 1991) y que los patrones eran idénticos. Tanto para los estados maduros como para larvas y pulpas (Cotnel, *et al.*, 1977). Pero que existían una discrepancia causada por el uso de una sola aloenzima consistente en que una abeja o grupo de éstas no podía ser identificado por medio de este sistema monoenzimático. Tener un sistema de análisis con varias aloenzimas permitiría distinguir con facilidad una sola abeja o un grupo de ellas (Rinderer y Sylvester, 1981). Se Encontró un 10% de diferencia entre las frecuencias alélicas de las poblaciones de África y América (Nunamaker y Wilson, 1984).

En Brasil el polimorfismo mostrado por la enzima (estereasa-5) Est-5, con una frecuencia de 0.035, presentó seis alelos (Gentile, *et al.*, 1983) y la PGM (fosfoglucomtasa), con una frecuencia de 0.926 durante el desarrollo ontogénico en las larvas de obreras de abejas africanas (Gentile, *et al.*, 1983; Del Lama, *et al.*, 1988).

El locus de la enzima para el ácido málico presentaba polimorfismo en 4 colonias de abejas de Noruega y fue más bajo que el polimorfismo presentado por la MDH (Sheppard y Berlocher, 1984). Así que la enzima del ácido málico no fue tomada en consideración para estudios en el proceso de africanización.

En Europa, hay tres alelos comunes para la enzima MDH y un cuarto muy extraño reportado por Sheppard y Berloche (1985). El alelo Medio-2 es predominante y el alelo Rapido-1 es muy raro en *A. m. mellifera* en Francia y Escandinavia (Badino y Manino, 1983; Nunamaker *et al.*, 1984). Mientras que en la abeja italiana *A. m. ligustica*, su alelo más común es el Lento-3 seguido de el Rapido-1 y luego el Medio-2 (Cotnel, *et al.*, 1977; Badino y Manino, 1982, 1983; Nunamaker y Wilson, 1984). Así que el alelo Medio-2 es predominante en las regiones frías de Escandinavia y

Francia, el alelo Lento-3 es el que se encuentra con mayor frecuencia en las regiones intermedias de Italia (Badino *et al.*, 1982, 1983). El alelo Rapido-1 es monomorfo en las poblaciones de las abejas (*Apis mellifera scutellata*) en África es el alelo que se ha usado para estimar el proceso de africanización en las poblaciones de abejas en Sudamérica y América Central (Nunamaker y Wilson, 1981; Nunamaker, 1984).

En las poblaciones silvestres de abejas europeas de los EE.UU. el alelo MDH-1 fue muy abundante, casi como en las poblaciones de Pretoria, África, por lo tanto, no podría utilizarse como el único marcador genético en el proceso de africanización ya hubiera ocurrido en EE.UU. (Sheppard, *et al.*, 1985).

Se ha descrito un alto grado de polimorfismo en el locus de la hexoquinasa (HK) en las poblaciones de *Apis mellifera* en Brasil. Esta presenta un comportamiento monomérico con dos alelos, uno rápido, el cual es monomórfico para las abejas europeas de Italia, Alemania, EE.UU. y México y cuya frecuencia es de 1.0, y el otro lento y polimórfico para las abejas africanas, con una frecuencia de 0.55 La detección del polimorfismo de la enzima HK es importante para la detección de genes africanos en las poblaciones de *Apis mellifera* en EE.UU. (Del Lama *et al.*, 1988).

En estudios electroforéticos se demostró que las abejas *Apis mellifera* de África, Europa y América son polimórficas con respecto a las enzimas malato-deshidrogenasa (MDH). Esta enzima, en la forma homociga 1.1, en cualquier población de abejas *Apis mellifera* evidencia un ancestro africano (Nunamaker *et al.*, 1984). Así mismo la enzima hexoquinasa (HK) cuyo alelo 1 está fijo en las poblaciones de Europa y en las poblaciones de África presenta un polimorfismo entre los alelos 1.2 siendo el genotipo 1.2 el más abundante dentro de las poblaciones de África (Del Lama, 1988). Por lo tanto, estas enzimas pueden ser utilizadas como marcadores genéticos y sirven como herramienta para identificar los cambios genéticos a través del proceso de africanización.

MDH y HK son dos sistemas enzimáticos con polimorfismo reportado en la etapa adulta de las abejas, por lo que se utilizaron como sistemas de identificación en el proceso de africanización en las poblaciones silvestres de abejas en Linares, N.

L., ya que muchas veces los enjambres fueron encontrados sin las etapas tempranas del desarrollo ontogénico de las abejas (Taylor *et al.*, 1991).

e) Fragmentos de restricción.

El método más preciso para la taxonomía de abejas es, sin duda alguna, el de fragmentos de restricción obtenidos del DNA mitocondrial y citoplasmático. En este método se han utilizado dos enzimas de restricción EcoRI y BglII para distinguir entre el DNA-mitocondrial de abejas africanas y europeas. Este DNA, es solo heredado por la matrilinea, lo cual quiere decir que se hereda de la reina y no de los zánganos. Estas diferencias metabólicas dictadas por las mitocondrias pueden proveer a la línea materna africana de ventajas selectivas sobre las abejas europeas en los climas tropicales, por ejemplo el alto metabolismo de la maquinaria mitocondrial, el cual le permite a las abejas africanas desplazarse a grandes distancias. Hall y Muralidharan suponen un desfase en las interacciones de las enzimas metabólicas que son codificadas en las mitocondrias y en el citoplasma, puede causar una mala coordinación de las enzimas para la regulación de las funciones a nivel molecular, ya que unas fueron codificadas para un metabolismo alto y las otras para un metabolismo bajo, esto puede contribuir a una de las posibles desventajas en los híbridos (Hall y Muralidharan, 1989).

#### **4.8 Genética de Poblaciones (tomado de Hartl *et al*, 1988 y Eguiarte, 1986).**

La evolución orgánica está dada por dos procesos fundamentales: la adaptación y la especiación. La especiación es el proceso mediante el cual se originan nuevas entidades evolutivas (nuevas especies). La adaptación es el mecanismo que habita a las poblaciones para resolver problemas que les presenta el medio ambiente. Esto es: la adaptación hace que una población adquiera características favorecedoras a la sobrevivencia y fertilidad con respecto a un medio dado y tal proceso explica la correlación que encontramos entre los organismos y su medio.

La genética de poblaciones trata de explicar, en términos cuantitativos y predictivos, el proceso de adaptación, el cual es la correlación entre el medio ambiente de los organismos y sus características. En el cual a) hay competencia interespecífica en las poblaciones naturales, b) en esta competencia algunos tienen características que aumentan su sobrevivencia y/o su reproducción, c) en consecuencia éstos dejan más descendencia, d) si hay herencia, estos descendientes se parecerán a sus padres y de esta manera se da la adaptación, por medio de la selección.

Genética mendeliana, la mayoría de los organismos son diploides; cada gen en su información genética tiene dos copias: una proveniente del padre y la otra de la madre. Cada copia de éstas se llama alelo y al gen en particular locus.

En una población dada tenemos que para el locus "A" existen dos posibles alelos: A y a dominante y recesivo, respectivamente. En primer lugar, vamos a nuestra población y contamos el número de individuos de cada genotipo posible que encontráramos en el locus "A", así tenemos:

NAA (número de individuos con genotipo homocigoto dominante)

NAa (número de individuos con el genotipo heterocigoto).

Naa (número de individuos con el genotipo homocigoto recesivo).

La suma de los tres (D, R y H) es el total de la población. A partir de estos números fenotípicos podemos calcular las frecuencias génicas:

$$D = NAA / Nt$$

$$H = NAa / Nt$$

$$R = Naa / Nt$$

Con estas frecuencias podemos calcular la proporción total del gen A (que vamos a llamar frecuencia alélica "p") y del gen a (que vamos a llamar frecuencia alélica "q") en nuestra población:

La frecuencia del gen A =  $p = D + \frac{1}{2} H$  y la frecuencia del gen a =  $q = R + \frac{1}{2} H$ , y  $p+q=1$ .

Con estos datos se trabaja la genética de poblaciones, siendo la base de toda genética de poblaciones. La ley de Hardy-Weinberg, cuya definición es: a partir de

cualquier frecuencia genotípica inicial (D, H, R) se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$D=p^2$$

$$H=2pq$$

$$R=q^2$$

$$D + H + R = 1$$

Dicha relación se mantiene en todas las generaciones siguientes, para que se cumpla esta ley se deben cumplir cuatro condiciones:

- a) Que el tamaño de la población sea muy grande.
- b) Que todos los apareamientos se lleven a cabo al azar
- c) Que todos los alelos sean igualmente competentes para dejar descendientes.
- d) Que no lleguen alelos de fuentes externas.

En términos generales, es difícil pensar que las cuatro condiciones de Hardy-Weinberg puedan cumplirse siempre en todas las poblaciones. Basta con que una no se cumpla para que las frecuencias alélicas de p y q cambien y, en consecuencia también cambien, las frecuencias genotípicas D, H y R.

La violación a la primera condición (tamaño muy grande) se llama deriva génica y va a ser más importante. Cuanto más pequeña sea la población cambiando de manera azarosa las frecuencias alélicas (p y q).

La vulneración a los apareamientos al azar comúnmente conocida como endogamia o consanguinidad tiene efectos similares a la deriva génica.

Si infringimos el tercer supuesto, que todos los alelos sean igualmente competentes para dejar descendientes, tenemos la selección natural.

El cuarto supuesto, que no lleguen alelos de fuentes externas, puede ser por la entrada de nuevos individuos de otras poblaciones (migración) y por la formación de nuevos alelos (mutación).

-Endogamia: se debe a que las capacidades de dispersión o colonización son muy limitadas, cuanto más consanguíneos sean los apareamientos, más rápido se van a perder los heterocigos.

Una manera de cuantificar la consanguinidad en una población es por el coeficiente de consanguinidad (F).

$$(F=2pq-\text{Heterocigos observados}/2pq)$$

Una  $F=1$ , quiere decir que sólo tenemos homocigos en la población y una  $F=0$ , que estamos en equilibrio de Hardy-Weinberg y si  $F=-1$ , tenemos el aumento de heterocigos en la población.

-Deriva génica: se genera simple y sencillamente porque las poblaciones naturales son limitadas.

-Migración: va a tener fuertes efectos homogenizadores entre distintas poblaciones y si continúa mucho tiempo, eventualmente las dos poblaciones quedas idénticas.

-Selección natural: no es más que la sobrevivencia y reproducción diferencial de los organismos diversos

## CAPÍTULO I

### 5. GENÉTICA DEL COMPORTAMIENTO DEFENSIVO EN ABEJAS (*Apis mellifera*) AFRICANIZADAS, EUROPEAS Y SUS HÍBRIDOS

## RESUMEN

El fenómeno de mayor impacto negativo en la apicultura de México ha sido la africanización de las colonias de abejas europeas (*Apis mellifera*), siendo su agresividad el factor determinante que lleva al abandono de la actividad apícola. Para determinar el grado de comportamiento defensivo de veinticinco colonias de abejas (*Apis mellifera*) procedentes de reinas europeas y africanizadas apareadas con zánganos africanizados, se empleó una prueba de péndulo o bandera. Se encontró que en las colonias donde existía progenie africanizada, el 25% de las abejas guardianes participaron en la defensa del nido. La conducta de protección del nido dominante en abejas con patrilineas africanizadas y se incrementa en relación directa al grado de africanización. Las colonias de abejas con comportamientos defensivos más activos fueron las de la tercera generación de abejas europeas apareadas con zánganos africanizados (europeas F3) y las descendientes de las africanizadas puras.

## PALABRAS CLAVE

Genética del comportamiento defensivo, patrilineas de abejas africanizadas, híbridos y aloenzimas.



## 5.1 INTRODUCCIÓN

Las abejas africanizadas puras (AAP) son ligeramente más pequeñas que las abejas europeas puras (AEP), las cuales son menos selectivas en la elección de los sitios de anidación y enjambran con mayor frecuencia que las abejas europeas (Seeley, 1985).

Las AAP tienen una respuesta más rápida para la defensa de sus nidos, pues por lo regular el número de agujones que dejan en sus víctimas es mayor que los producidos por las AEP.

Las abejas africanas tienen la tendencia a atacar objetos de color negro, como pelo negro y ropa oscura, o cualquier otro objeto de color pardo (Maschwitz, 1964; Stort, 1974).

La diferencia más evidente en el comportamiento de AEP (*Apis mellifera ligustica*) y AAP (*A. mellifera scutellata*), es la conducta para defensa de la colonia (Stort, 1975; Collins y Kubasek, 1982; Collins *et al.*, 1982). Por lo regular cuando una colonia es perturbada, la reacción de las abejas es inmediata, particularmente en la entrada de la colonia (Collins *et al.*, 1984).

Las abejas africanas tienen cinco veces más abejas guardianas que las europeas (Rinderer, 1986). Otra característica es que aproximadamente tres veces más AAP responden a la feromona de alarma en comparación con las AEP (Stort, 1975). Como resultado del disturbio a la colonia, se genera una erupción de abejas furiosas listas a defender el nido atacando cualquier cosa en movimiento cerca de ella y aunque no necesariamente corresponda a la gama de colores oscuros antes mencionados. (Collins, *et al.*, 1982).

El piquete de la AAP es muy similar al de la AEP, la diferencia radica en el número de agujones que el señuelo recibe (Winston, 1992). A causa de una perturbación las colonias de AAP agujonean ocho o diez veces más que una colonia de AEP (Rinderer, 1986).

La herencia del comportamiento defensivo de las abejas ha sido objeto de numerosos estudios (Collins *et al.*, 1984, 1987, 1988; Guzmán- Novoa y Page, 1993, 1994), analizándose desde distintas hipótesis y perspectivas metodológicas.

Una investigación realizada por Villa (1988), demostró que las obreras híbridas descendientes de africanas y europeas fueron tan defensivas como las colonias de abejas africanizadas.

Por otro parte, Guzmán y Page (1994) reportaron que las abejas obreras híbridas descendientes de la cruce de abejas africanas y europeas fueron tan defensivas como las abejas africanizadas puras.

Aunque el género *Apis* ha mostrado relativamente poca variabilidad, en el locus enzimático, las isoenzimas se han utilizado para diferenciar especies (Sylvester, 1986; Tanabe *et al.*, 1970 y Wilson, 1971; Nunamaker *et al.*, 1984; Sylvester, 1982; Badino *et al.*, 1985) y poblaciones (Cornuet, 1979; Gartside, 1980; Badino *et al.* 1982, 1983 a,b, Badino y Manino, 1984; Sheppard y McPheron, 1986; Page y Metcalf, 1988); el sistema más utilizado ha sido Malato-Deshidrogenasa (MDH).

El aporte de la aloenzima exoquinasa (HK) para estudios poblacionales entre abejas africanizadas y europeas fue descubierto por Del Lama *et al.*, (1988). En las poblaciones de abejas africanizadas o neotropicales la frecuencia para este alelo va de 0.44 a 0.65% (Del Lama *et al.*, 1988).

En México muchos productores apícolas han dejado la apicultura a causa de la agresividad de las abejas. No sólo es importante tener abejas dóciles para la producción de miel sino también para la agricultura a nivel mundial. Un ejemplo de esto puede ser que un tercio de los productos agrícolas en los EE.UU. provienen de plantas polinizadas por abejas.

**5.2 HIPÓTESIS:** El comportamiento defensivo de la progenie de una abeja reina europea cruzada con un zángano africanizado, se heredará a la siguiente generación y, a través de las generaciones subsecuentes, se incrementará hasta llegar a ser igual de agresivo que el de una línea pura de abejas africanizadas.

Si se incrementa las frecuencias alélicas de la MDH-1 y la HK-2 en las colonias de abejas, el número de agujones será mayor en la prueba de bandera.

### 5.3 OBJETIVO

Determinar el grado de comportamiento defensivo de colonias de abejas (*Apis mellifera*) procedentes de reinas con genotipos africanizado, europeo y sus híbridos, mediante la prueba de péndulo o bandera.

### 5.4 METODOLOGÍA

Se utilizó un grupo de veinticinco colonias de abejas de tamaño variable, distribuidas en cinco apiarios, las cuales se clasificaron como abejas europeas puras (AEP), abejas africanizadas puras (AAP), y sus filiales: EHB- P1, EHB-F1, EHB-F2, EHB-F3 y AHB.

Cada colonia se consideró como una unidad experimental, cuyo genotipo se caracterizó a partir de muestras de DNA extraído del tórax de las abejas, a las que se les aplicó un análisis electroforético en gel policarilamida (Taylor, *et al.*, 1991). Las muestras así procesadas se utilizaron para tipificar las frecuencias genéticas de colonias de abejas europeas y africanizadas (Richardson, *et al.*, 1986), utilizando dos alozimas polimórficas como marcadores genéticos, malato deshidrogenasa (MDH) y hexoquinasa (HK), que sirvieron para medir la tasa del flujo génico entre las reinas experimentales y los zánganos silvestres.

Debido a que las abejas obreras de una colonia son producto del apareamiento de una reina con más de diez zánganos (Adams *et al.*, 1977), se analizaron 24 individuos por colonia con el fin de obtener una estimación

representativa de las frecuencias genotípicas de las aloenzimas, como las de la MDH con seis genotipos (Del Lama *et al.*, 1988).

Se empleó la exoquinasa en forma de homócigo 1,1 para poder distinguir los genotipos de las subfamilias europeas debido a que el genotipo 1,1 en la aloenzima HK sólo se encuentra en forma de homócigo (Taylor, *et al.*, 1991). Las colonias de abejas europeas (AEP) no estaban emparentadas y presentaban el genotipo 3,2 de MDH y 1,1 para HK en cada aloenzima.

Para determinar si las reinas se aparearon al azar con los zánganos silvestres, reinas vírgenes europeas y africanas, fueron criadas con genotipos conocidos en HK 2,2 para abejas africanizadas. Posteriormente, estas reinas fueron introducidas en sus respectivas colonias en cada uno de los apiarios para su posterior apareamiento.

El comportamiento defensivo se determinó de acuerdo al número de agujijones dejados por las obreras en un señuelo de bandera negra de dos centímetros cuadrados, colocado en un péndulo, por un periodo de dos minutos (Boch y Rothenbuhler, 1974).

Para realizar una determinación precisa del grado de comportamiento defensivo, se probó una colonia por día para minimizar el posible disturbio causado por otras colonias dentro del apiario. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS versión 10.0.

## 5.5 ÁREA DE ESTUDIO

Este trabajo se efectuó durante los meses de julio a diciembre del año 2001 en los apiarios experimentales del Laboratorio de Entomología Forestal dentro del campus de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL., en el municipio de Linares, N. L., ubicado entre las coordenadas 25° 09', 24° 33' Norte y 99° 54', 99° 07' Oeste 350 m, abarcando una superficie total de 2,445.3 km<sup>2</sup> s.n.m (SPP, 1985). El área presenta una temperatura anual promedio de 23.6°C y un clima de tipo semiárido (A) C (Wo), de acuerdo a las modificaciones del sistema de categorías climáticas de Köppen (SPP, 1986).

## 5.6 RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas entre los distintos grupos genéticos y el número de agujones dejados por las abejas en el señuelo. Las colonias utilizadas para medir la respuesta de defensa del nido mostraron una variación en la participación de las abejas, las obreras guardianas inmediatamente respondieron al estímulo del movimiento pendular y salieron de la colonia atacando al señuelo. Los genotipos EF3 y AAP1 exhibieron la mayor respuesta defensiva (Tabla 1).

**Tabla 1.** Relación entre genotipos de los diferentes grupos de abejas y su grado de agresividad expresado en el número de agujones dejados en el señuelo bandera. Prueba de Scheffe ( $\alpha= 0.05$ )

Grupos de abejas	Genotipo	n	Nº de agujones por señuelo Media y desviación estándar
♀Europea	P1MDH-3,2 HK-1,1	5	0.60± 0.55 a
♂Europea	MDH-1,1 HK1, 2		
♀Europea F1	MDH-1,2 HK-1,1	5	5.40 ± 5.22 ab
♂Africanizada	MDH-1,1 HK-1,2		
♀Europea F2	MDH-1,3 HK-1,2	5	33.20 ± 6.39 b
♂Africanizada	MDH-1,1 HK-1,2		
♀Europea F3	MDH-1,1 HK-1,2	5	100.40 ± 15.03 c
♂Africanizada	MDH-1,1 HK-1,2		
♀Africanizada P1	MDH-1,1 HK-1,2	5	134.00 ± 18.83 d
♂Africanizada	MDH-1,1 HK-1,2		

La desviación estándar, media y letras diferentes, muestran el grado de significancia ( $\alpha=0.05$ ).

Las colonias descendientes de las reinas con genotipo AAP1 y AE F3, fueron las que presentaron mayor agresividad, dejando más de 100 agujones por pulgada cuadrada del señuelo. Las colonias con genotipos AEP1 y AE F1, manifestaron menor agresividad con un promedio inferior a los cinco agujones por pulgada cuadrada. Las abejas de las colonias AE F2 mostraron una agresividad intermedia con un promedio de 30 agujones por pulgada cuadrada. Todas las colonias con genotipos europeos en su matrilinea AE P1, F1 y F2, presentaron menor conducta defensiva en comparación de las colonias AE F3 y AA P1 (Tabla 1).

En la prueba de ANOVA que se efectuó, los resultados mostraron que el número de agujones fue muy variado entre los distintos grupos genéticos de abejas, resultando altamente significativos ( $F=129.06$ ,  $gl=4$ ,  $\alpha=0.001$ ). El análisis de varianza y la prueba de Scheffé (Sokal, 1995) indicaron que las colonias con genotipos europeos y africanizados puros mostraron los valores extremos de agresividad, mientras que los híbridos observaron niveles intermedios de esta conducta (Tabla 1).

## 5.7 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con los reportados por Guzmán-Novoa y Page (1994) ya que las colonias con mayor respuesta a los disturbios fueron las AA P1 y las colonias con abejas híbridas, pero especialmente las colonias con descendientes de las reinas AE F3.

Los resultados obtenidos contradicen la hipótesis que indica que el genotipo de la reina tiene un efecto mínimo en el comportamiento de la colonia (Guzmán-Novoa y Page, 1993), y corroboran el hecho de que la introducción de una reina virgen europea reduce el comportamiento defensivo de las colonias aunque las reinas se apareen con zánganos africanizados.

Investigaciones de Guzmán-Novoa y Page's (1994), indican que el comportamiento defensivo, es un carácter genético dominante que puede estar influenciado mayormente por la parte paterna. Sin embargo, los resultados del presente estudio mostraron que las reinas AE F1 de primera generación apareadas con zánganos africanizados, fueron menos defensivas que las abejas descendientes de una reina europea de tercera generación F3 apareada con zánganos africanizados.

Se considera que los diferentes umbrales de respuesta entre las abejas obreras de los distintos genotipos, puede deberse a las diferentes patrilineas, las cuales pueden determinar la respuesta del disturbio (Robinson y Page, 1995).

Los resultados de De Grandi-Hoffman (1998), indican que la proporción de zánganos africanizados que se aparean, ya sea con abejas reinas europeas o

africanizadas, determinan ampliamente el comportamiento defensivo de la colonia. Sus resultados también sugieren que el tipo de reina tiene un efecto limitado en el comportamiento defensivo de la colonia, el cual parece tener más influencia debido al tipo de zángano. Por consecuencia, la introducción de una reina virgen europea puede que no tenga un efecto en la disminución del comportamiento defensivo si ésta se aparea con zánganos africanizados. Pero en este estudio la introducción de las reinas vírgenes modificó el comportamiento agresivo de la colonia.

Se ha mencionado que las colonias con un mayor número de abejas tiene una respuesta defensiva del nido más rápida que las colonias pequeñas y que las colonias que se preparan para evadirse sin cría, presentan una respuesta defensiva más lenta (Schneider y McNally, 1992).

Cabe señalar que los datos sobre la respuesta defensiva en las colonias de abejas, se recabaron durante los dos primeros minutos después del disturbio. Se registraron las colonias de abejas obreras, tanto de umbrales bajos de defensa como de altos.

## 5.8 CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio concuerdan con Collins *et al.*, (1988) y Schneider y McNally, (1992), quienes señalaron que el comportamiento defensivo no es un conjunto de características que se heredan en un sólo paquete y la intensidad del comportamiento defensivo varía de alguna manera en correlación con la hibridación, siendo las abejas europeas y su filial uno las menos defensivas

## 5.9 LITERATURA CITADA

- Adams, J., Rothman, E. D., Kerr, W. E., and Paulino, Z. L. 1977. Estimation of the number of sex alleles and queen matings from diploid male frequencies in a population of *Apis mellifera*. *Genetics* 86: 583-596.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1982. Genetic variability of *Apis mellifera ligustica* Spin. In a marginal area of its geographical distribution. *Experientia* 38:540-541.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1983a. Identificazione di *Apis mellifera ligustica* sinola sulla base di sistemi gene-enzima (1). *BoL. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino*, Vol. 1-N.2, pp. 451-460.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1983b. Population structure and Mdh-1 locus variation in *Apis mellifera ligustica*. *Jour. Oh Heredity* 74:443-446.
- Badino, G. and A. Manino, 1984. Populations genetics of Italian honeybee (*Apis mellifera ligustica* Spin.) and its relationships with neighboring subspecies. *Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino* 2:571-584.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1985. Enzymes polymorphism in the Sicilian honeybee. *Experientia* 41:752-754.
- Boch, R., and Rothenbuhler, W. C, 1974. Defensive behavior and production of alarm pheromone in honeybees. *J. Apic. Res.* 13: 217-221.
- Collins, A. M., and Kubasek, K. J. 1982. Field test of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony defensive behavior. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 75: 383-38.
- Collins, A. M., Rinderer, T. E., Harbo, J. R., and Bolten and A. B. 1982b. Colony defense by Africanized and European honey bees. *Science* 218: 72-74.
- Collins, A. M., Rinderer, T. E., Harbo, J. R., and Brown, M. A. 1984. Heritabilities and correlations for sever-al characters of the honey bee, *Apis mellifera*. *J. Hered.* 75: 135-140.



- Collins, A. M., Rinderer, T. E., Tucker, K. W., and Pesante, D. G. 1987. Response to alarm pheromone by European and Africanized honey bees. *J. Apic. Res.* 26: 217-223.
- Collins, A.M., Rinderer, T. E., and Tucker, K, W. 1988. Colony defense of two honeybee types and their hybrids. 1. Natural matings. *J. Apic. Res.* 27: 137-140.
- De Grandi-Hoffman G., Collins A., Joseph M H, 1998. Nest Defense Behavior in Colonies from Crosses Between Africanized and European Honey Bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) *Journal of Insect Vol- I, No. 1.*
- De Lama, M. A., Figueiredo R. A., Soares, A. E. E., Del Lama, S. N. 1988. Hexokinase polymorphism in *Apis mellifera* and its use for africanized honeybee identification. *Rev. Brazil Genet.* 2 (2): 287-297.
- Guzman-Novoa, E., and Page, R. E., Jr. 1993a. Backcrossing Africanized honey bee queens to European drones reduces colony defensive behavior. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86: 352-355.
- Guzman-Novoa, E., and Page, R. E., Jr., 1994b. Genetic dominance and worker interactions affect honeybee colony defense. *Behav. Ecol*, 5; 91- 97.
- Maschwitz, U. W. 1964. Gefahrenalarmstoffe und gefahrenalarmierung bei sozialen Hymenopteran. *Physiologie*; 47:596-655.
- Nunamaker, R.A., Wilson, W.T y B.E. Haley.1984. Electrophoretic detection of Africanized honeybees (*Apis mellifera scutellata*) in Guatemala and Mexico based on Malate dehidrogenase allozyme patterns. *Journal Kansas Entomological Society.* 54:622-631.
- Page, R. E. Jr. and R. A. Metcalf. 1988. A population estimate of Mdh allozyme frequencies in the honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Pan Pacific Entomol.* 64:285-289.
- Richardson, B.J., Baberstock, P.R y M. Adams. 1986. Allozyme Electrophoresis. Academic Press. Sydney, Australia. Pp. 121, 198.

- Rinderer, Thomas E. 1986. Africanized Bees: An Overview. *American Bee Journal*. 126: 98-100; 128-129.
- Robinson, G. E., and Page, R. E., Jr. 1995. Genotypic constraints on plasticity for corpse removal in honey bee colonies. *Anim. Behav.* 49: 867-876.
- Schneider, S. S., L. C. McNally. 1992. Colony Defense in the African Honey Bee In Africa. *Environmental Entomology*. 21: 1362-1370.
- Seeley, T. D. 1985. Honeybee Ecology. Princeton University. Press. Princeton, New Jersey. 12, 39, 112, 113, 143 Pp.
- Sheppard, W. S. and B. A. McPheron. 1986. Genetic variation in honeybees from an area of racial hybridization in western Czechoslovakia. *Apidologie* 17:21-32.
- SPP, 1977. CETENAL, Carta edafologica de Linares, G14-C58.
- SPP, 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León. 170pp.
- Stort, A. C. 1974. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. I. Some tests to measure aggressiveness. *J Apic Res*;13:33-38.
- Stort, A. C. 1975a. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. II. Time at which the first sting reached the leather ball. *J Apic Res*;14:171-175.
- Sylvester, H. A. 1982. Electrophoretic identification of Africanized honeybees. *Journal of Apicultural research* 21 (2) 93-97.
- Sylvester, H.A. 1986. Biochemical genetics, pp. 177-203. In T. E. Rinderer (ed.), *Bee genetics and breeding*. Academic Press.
- Tanabe, Y., Y. Tamaki and S. Nakano. 1970. Variations of esterase isozymes in seven species of bees and wasps. *Jpn. J. Genet.* 45: 425-428.
- Taylor, O. R., D. R Smith, W. M Brown. 1991. Neotropical africanized honey bees have african mitochondrial DNA. *Nature*. 339: 213-215.

- Wilson, Edward O. 1971. The insect Societies. Harvard University Press.  
Cambridge, Massachusetts and London, England. 548 p.
- Winston, M. L. 1992. Killer Bees. The africanized honey bee in the american.  
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. p 162

## CAPÍTULO II

### 6. RELACIÓN ENTRE EL GENOTIPO DE LAS ABEJAS (*Apis mellifera*) Y SU RESISTENCIA A LA INFESTACIÓN DEL ÁCARO (*Varroa destructor*)

## RESUMEN

Se determinó la relación entre los cambios de las frecuencias alélicas para las enzimas malato-deshidrogenasa (MDH) y hexoquinasa (HK), y el grado de infestación por *Varroa destructor* en 8 líneas genéticas de abejas (*Apis mellifera*), divididas en: abejas africanizadas puras, abejas europeas puras, y sus respectivos híbridos (F1, F2 y F3). Se colectaron y cuantificaron mensualmente en charolas adhesivas los ácaros de cada colonia. El grado de africanización se determinó por medio de la técnica de electroforesis, registrando los cambios en las frecuencias alélicas para las aloenzimas HK-2 y MDH-1.

Los niveles de infestación de *Varroa destructor* entre las distintas líneas genéticas de abejas mostraron diferencias significativas, aunque las abejas presenten diferentes genotipos. Por lo tanto, se concluye que existe una mayor cantidad de mecanismos de resistencia contra *Varroa destructor* en las abejas africanas que en las europeas, los cuales sin embargo, no parecen tener una eficiencia superior como medios de defensa en contra del ácaro *Varroa destructor*.

## PALABRAS CLAVE

*Apis mellifera*, líneas genéticas de abejas, marcadores genéticos malato-deshidrogenasa y hexoquinasa, mecanismos de resistencia a *Varroa destructor*.

## 6.1 INTRODUCCIÓN

La apicultura a nivel nacional ha registrado un descenso del 50 % debido a la introgresión de genes africanos en poblaciones de abejas europeas e infestación de las colonias de abejas desde 1984 (Fierro, *et al.*, 1987).

El crecimiento poblacional de *Varroa destructor* Anderson en las colonias de *Apis mellifera* L. está determinado por los diversos mecanismos de resistencia de las abejas. Entre las razas de abejas europeas y africanizadas existen diferencias en el grado de infestación por *Varroa* debidas a distintos mecanismos y procesos de resistencia:

**Infertilidad del huésped**, que hace que las abejas hospederas presenten varroas con niveles altos de esterilidad (Rosenkranz y Engels, 1994; Harbo y Hoopingartner, 1995).

**Tiempo de operculado** más breve en las abejas obreras africanas, que contribuye a que éstas sean más resistentes (Camazine, 1986).

**Acicalamiento**, proceso por el que las abejas desprenden las varroas de sus cuerpos, además de mutilarlas con las mandíbulas (Woyke, 1989).

**Menor tamaño de las celdillas** en las abejas africanizadas de Brasil, que afecta la reproducción y por consiguiente la infestación por *V. jacobsoni* (Message y Goncalves, 1995).

**Conducta higiénica**, que implica el desoperculado y la remoción de crías de *Apis mellifera* infestadas con *Varroa* (Boecking y Drescher, 1991).

**Comportamiento de evasión**, *Apis cerana* L. abandona el nido dejando las crías infestadas por *Varroa*, que probablemente es el mismo mecanismo utilizado por las abejas africanas (Woyke, 1976).

Cabe destacar que hasta ahora existe una controversia entre los investigadores y no se han encontrado evidencias claras de mecanismos de resistencia en las abejas europeas a *Varroa* (Koeniger y Koeniger, 1993).

Sin embargo, son diversos procesos y mecanismos que se han descrito en las abejas como medios de defensa en contra de *Varroa*, los cuales implican procesos etológicos, genéticos, morfológicos y de la estructura social de la colmena. Tales medios de defensa contra la infestación se resumen en la tabla 1.

Las abejas africanizadas son más eficientes que las abejas europeas para remover de sus cuerpos los ácaros *Varroa*. (Moretto *et al.* 1991; Moretto, *et al.* 1995). Asimismo las abejas africanizadas son más resistentes aún en climas fríos, que los híbridos de abejas italianas (Guzmán - Novoa, *et al.* 1996; Moretto *et al.* 1991).

**Tabla 1.** Diferentes estrategias de control de las abejas *Apis cerana* y *Apis mellifera* (europea y africanizada) en contra de *Varroa destructor*.

Especie y Subespecie	Infertilidad de <i>Varroa</i>	Tiempo de operculado (días)	Acicalamiento	Tamaño de celdilla (cm)	Conducta higiénica	Evasión	Atracción de la cría hacia <i>Varroa</i>
Abejas Asiáticas	sólo en la cría de obreras	<20	Presente	<4.9 promedio de 10 celdillas	presente todo el tiempo	Presente	sólo en cría zanganera
Abejas Europeas	Ausente	21	Ausente	5.3 promedio de 10 celdillas	sólo presente en el flujo de néctar y con obreras jóvenes	Ausente	presente en toda la cría
Abejas Africanas	Ausente	19 - 20	Ausente	4.9 promedio de 10 celdillas	sólo presente en el flujo de néctar y con obreras jóvenes	Presente	presente en toda la cría

En Brasil se reportaron abejas africanizadas que fueron siete veces más eficientes para la remoción de los ácaros que las abejas europeas (Guzmán - Novoa, *et al.*, 1996)

Sin embargo, apicultores de Costa Rica han registrado abejas africanizadas resistentes a *Varroa spp.*, Loque americana, *Nosema sp.* y amibiasis, lo que se ha logrado con tratamientos químicos contra *Varroa* después de la cosecha (Ramírez, 2000).

Las abejas altamente resistentes a *Varroa* son también abejas altamente defensivas muy propensas a aguijonear (Spivak y William, 1998). Este mecanismo se encuentra bien identificado en las abejas africanizadas (Seeley, 1985).

En Europa no existen posibilidades de coexistencia entre las abejas europeas *Apis mellifera* y *Varroa destructor* sin la intervención humana mediante tratamientos químicos (Pechhacker, 1993). Las larvas de abejas europeas fueron doblemente susceptibles a la infestación por varroas, que las larvas de abejas africanizadas tal como hasta ahora se ha demostrado en diversas investigaciones con distintas razas de *Apis mellifera* europea, en las que se ha observado que no poseen una resistencia natural a *Varroa*. (Guzmán - Novoa, *et al.*, 1996; Koeniger y Koeniger, 1993).

Por otra parte el número de hembras infértiles de varroas no muestran variación, independientemente de la raza de abejas de que se trate (Rosenkranz y Engels, 1994), sin embargo, algunas razas de abejas han evidenciado mecanismos de desoperculado y remoción de crías infestadas por los ácaros (Boecking y Drescher, 1991).

Asimismo, se han encontrado diferencias entre el número de varroas que se reproducen en las larvas de obreras de *Apis* en Sur América y de Europa, siendo más alta la infestación en Europa (Woyke, 1989).

En cuanto a la tipificación del genotipo de las abejas, se ha observado que las frecuencias alélicas de *Apis mellifera* de África, Europa y América son polimórficas para las enzimas malato-deshidrogenasa (MDH). Asimismo, se menciona que en las abejas africanizadas puras los alelos para mdh son homocigotos (1,1) y heterocigotos (1,2) para HK (Rinderer, *et al.*, 1981; De Lama, *et al.*, 1988). Por otro lado, las abejas europeas presentan homocigotidad 1,1 para la aloenzima HK (Rinderer, *et al.* 1981), por lo que se utilizaron las aloenzimas como marcadores genéticos para discriminar entre las poblaciones



## 6.2 HIPÓTESIS

Existe una relación inversamente proporcional entre el grado de africanización (frecuencias alélicas de las aloenzimas HK-2 Y MDH-1) y el grado de infestación de la *Varroa destructor*. Si las frecuencias alélicas de las aloenzimas HK-2 y MDH-1 son altas, el grado de infestación por *Varroa destructor* será bajo.

## 6.3 OBJETIVO

Determinar si las variaciones en las frecuencias alélicas de las aloenzimas HK-2 y MDH-1 tienen relación con el porcentaje de infestación por *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera* de distintos linajes genéticos (africanizadas puras, europeas puras y sus respectivos híbridos, F1, F2 y F3).

## 6.4 ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó durante los meses de julio a diciembre del año 2001 en los apiarios experimentales del Laboratorio de Entomología Forestal, en terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Linares, N. L., ubicado entre las coordenadas latitud 24° 47 N, longitud 99° 32 W a una altura promedio de 350 m.s.n.m. (SPP, 1986). El área de realización del estudio se sitúa dentro de una zona de transición climática entre los tipos de clima (A) C (W0) semicálido subhúmedo y BS1(h')hw (SPP, 1986), siendo la vegetación dominante en el área matorral espinoso tamaulipeco (SPP,1977).

## 6.5 METODOLOGÍA

Se establecieron 80 colonias tipo Langstroth (cada una de ellas considerada como unidad experimental) de las cuales se obtuvieron progenies de *Apis mellifera*

con distintos linajes genéticos a partir de la inducción del apareamiento de reinas europeas con zánganos europeos y africanizados de reinas africanizadas con zánganos europeos y africanizados. Se obtuvieron 8 líneas genéticas de abejas, con 10 repeticiones: europeas puras EP1 y sus filiales, filial EF1, filial EF2 y filial EF3; y africanizadas puras AP1 y sus filiales filial AF1, filial AF2 y filial AF3. De cada colonia se tomó una muestra al azar de 22 individuos para identificarlos a nivel de subespecie. Para ello se caracterizó y tipificó genéticamente el DNA de una muestra de tórax de los individuos seleccionados de cada colonia. Por medio de una prueba de electroforesis en placa de acetato de poliacridamida, se determinó el grado de variación alélica (polimorfismo), utilizando como marcadores genéticos las aloenzimas hexoquinasa HK-2 y malato-deshidrogenasa MDH-1 (Richardson, *et al.* 1986 y Hagen, *et al.* 1988). Este método puede identificar los genotipos de la reina y de las obreras hasta con un 90% de confiabilidad como lo describen (Silvester, 1976; Del Lama, *et al.*, 1988; Lobo *et al.*, 1989; Taylor 1989).

La forma homóciga 1,1 para la aloenzima MDH se consideró como evidencia de ancestros africanos (Nunamaker, *et al.* 1984) y para la aloenzima HK, la forma polimórfica 1,2 se consideró propia a progenies africanas (en este caso africanizadas), pues se sabe que el alelo 1 está fijo en las poblaciones de Europa (1,1), y presenta polimorfismo (1,2) en las poblaciones de África (Rinderer, *et al.* 1981 y Del Lama, *et al.* 1988).

Para medir el grado de infestación por *Varroa destructor* se colocó una charola adhesiva cubierta de pegamento en el piso de cada colonia, en la que se colectaron las varroas cada 30 días, para su posterior cuantificación en laboratorio. La cantidad de ácaros colectada, se consideró representativa del número promedio de varroas durante el mes (De Jong, *et al.* 1982) La colecta de ácaros se llevó a cabo de julio a diciembre de 2002.

## 6.6 RESULTADOS

Los linajes de abejas europeas (n=11 colonias) del grupo de europeas puras (EP1), mostraron la menor infestación por ácaros ( $19.2 \pm 19.0$  ácaros). Del grupo de híbridos filial uno (EF1), se analizaron seis colonias cuya infestación fue de  $20.2 \pm 18.3$  ácaros por colonia. Del grupo de híbridas europeas filial dos (EF2), se analizaron cuatro colonias, siendo la infestación de  $26.80 \pm 21.58$  ácaros por colonia. Finalmente, el grupo de híbridos europeos (EF3) observó una infestación de  $29.5 \pm 38.4$  ácaros por colonia, analizándose un total de 16 colonias (tabla 2).

**Tabla 2.** Promedio de ácaros colectados mensualmente durante seis meses en los distintos linajes genéticos de *Apis mellifera*.

Linaje genético	Número de colonias analizadas	Promedio de ácaros y error estándar
EP1	11	$19.2 \pm 19.0$
EF1	6	$20.2 \pm 18.3$
EF2	4	$26.8 \pm 21.6$
EF3	16	$29.5 \pm 38.4$
AP1	13	$62.8 \pm 41.4$
AF1	15	$62.5 \pm 38.8$
AF2	6	$74.7 \pm 69.5$
AF3	7	$21.5 \pm 54.1$

En cuanto a los linajes de abejas africanizadas, del grupo de abejas puras (AP1) se analizaron 13 colonias, donde la infestación promedio mensual fue de  $62.8 \pm 41.4$  ácaros por colonia. De las abejas híbridas filial uno (AF1) se estudiaron 15 colonias, las cuales tuvieron una infestación mensual promedio de  $62.5 \pm 38.8$  ácaros por colonia. Del grupo de híbridos filial dos (F2) se analizaron 6 colonias, cuyo grado de infestación aumentó considerablemente, observando valores de  $74.7 \pm 69.5$  ácaros por colonia. Finalmente, la infestación del grupo de híbridos filial 3 (AF3) fue  $21.5 \pm 54.1$  ácaros por colonia (tabla 2).

La ANOVA revela que las muestras de ácaros de las líneas genéticas de abejas mostraron diferencia significativa, ( $F=5.95$ ,  $gl=18$ ,  $\alpha=0.029$ ). La prueba de Scheffé de comparación de medias mostró diferencias significativas entre las distintas líneas de abejas y las infestaciones de ácaros ( $\alpha=0.05$ ) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Infestación por *Varroa destructor* en distintos linajes genéticos de *Apis mellifera*.

Linajes de Abejas	Colonias (n)	Número mensual de ácaros por colonia (X y Desviación Estándar)	
E P1	66	19.24±19.0	a
E F1	35	20.16±18.3	a
E F2	24	26.80±21.6	ab
E F3	59	29.53±38.4	ab
A P1	78	62.83±41.4	abc
A F1	90	62.49±38.8	abc
A F2	36	74.69±69.5	c
A F3	42	21.52±54.1	ab

La desviación estándar, media y letras diferentes, muestran el grado de significancia ( $\alpha=0.05$ ).

Los resultados obtenidos a partir de las electroforésis (tabla 4) indican que en las abejas africanizadas puras, los alelos para MDH son homocigotos (1,1) pero heterocigotos (1,2) para HK. Las abejas europeas presentaron homocigotidad (1,1) para la aloenzima HK. Por otro lado, en los grupos híbridos (F1, F2 y F3) de abejas africanas y europeas, se presentaron características alélicas intermedias con características de ambas poblaciones.

**Tabla 4.** Frecuencias alélicas de los grupos de abejas *Apis mellifera*.

Grupos de abejas	Malato des-hidrogenasa-1	Malato des-hidrogenasa-2	Malato des-hidrogenasa-3	Hexokinasa-1	Hexokinasa-2
	MDH-1	MDH-2	MDH-3	HK-1	HK-2
AA P1	0.86	0.08	0.06	0.56	0.43
AA F1	0.72	0.11	0.16	0.72	0.28
AA F2	0.71	0.18	0.11	0.68	0.32
AA F3	0.87	0.04	0.09	0.63	0.36
EE P1	0.22	0.25	0.52	0.99	0.01
EE F1	0.37	0.19	0.43	0.80	0.19
EE F2	0.63	0.13	0.23	0.72	0.28
EE F3	0.54	0.21	0.24	0.80	0.2

El grupo de abejas europeas F3 (EE F3) (330 individuos de 15 colonias), observaron valores de las frecuencias alélicas para MDH-1 de 0.54; para MDH-2 de 0.21, y para MDH-3 0.24. En los genotipos HK el alelo HK-1 mostró una frecuencia de 0.80 y el alelo HK-2, de 0.20.

En el grupo de abejas africanas puras P1 (AA P1) (110 individuos procedentes de 5 colonias) exhibió para MDH-1 un valor de 0.86; para MDH-2 de 0.08 y, para MDH-3, 0.06. En los genotipos HK el alelo HK-1 presentó una frecuencia de 0.56 y el alelo HK-2 de 0.43.

Las frecuencias alélicas dan evidencia que los grupos de abejas no han llegado a un equilibrio, ya que el grupo EE F3 en la aloenzima HK-2 con una frecuencia de 0.20 es más bajo que el grupo EE F2 con una frecuencia de 0.28, manteniendo un grado de africanización parcial que nunca llegan a la frecuencia de la HK-2 del grupo africanizado puro que es de 0.43. Lo que muestra una fluctuación de las frecuencias génicas debido a la introducción de genes europeos en la población de abejas africanizadas. Para analizar la diferencia entre la temperatura, infestación y compartamiento defensivo entre los distintos grupos genéticos, se utilizó

el paquete estadístico SPSS. Versión 10.0 para determinar las diferencias en las infestaciones y los distintos grupos.

## 6.7 DISCUSIÓN

No obstante que las abejas africanizadas presentan más mecanismos de resistencia contra varroas que las abejas europeas, se considera que en las abejas africanizadas de los trópicos presentan una mayor infestación de varroas. Esto, debido a que presentan cría todo el año (De Jong, 1984).

Asimismo, la alta infestación de varroas en las abejas probablemente se deba a que tanto las abejas europeas como africanizadas, se encuentran en una nueva relación huésped hospedero mejor descrita como "Interfase", estado en el cual el parásito puede vivir y reproducirse en la nueva especie hospedera, pero al mismo tiempo causarle la muerte (Delfinao-Baker y Peng, 1995). Otro indicio de la mala adaptación del parásito al nuevo hospedero, es el gran número de abejas obreras *Apis mellifera* deformes que emergen (De Jong, 1982; Koch y Ritter, 1991; citados por Donzé y Guerin, 1994)

En este trabajo los grupos de abejas de distinto linaje genético y grado de infestación de ácaros, mostraron diferencias significativas, ( $F=5.95$ ,  $gl=18$ .  $\alpha=0.029$ ). Sin embargo, el grado de infestación de las abejas africanizadas fue mayor que el de las europeas, contrario a los resultados esperados.

No obstante que diversos autores mencionan evidencias contrarias a los resultados obtenidos en el presente estudio, los resultados demostraron que a mayor frecuencia de los alelos MDH-1 y HK-2, no se presentó una disminución en el grado de infestación por *Varroa destructor*, sino por el contrario, la alta frecuencia alélica para MDH-1 y HK-2 estuvo acompañada de una elevada infestación de ácaros ( $62.8 \pm 41.4$  ácaros). Mientras que las abejas europeas, con frecuencias alélicas elevadas para MDH-2, MDH-3 y HK-1, presentaron un grado de infestación bajo ( $19.2 \pm 19.0$  ácaros) (tabla 2).

## 6.8 CONCLUSIONES

Si se evalúa la efectividad de los mecanismos de resistencia de acuerdo a los niveles de infestación por *Varroa destructor*, las abejas africanas son tan susceptibles a las varroas como las abejas europeas. Las colonias de abejas africanizadas pueden ser tanto o más susceptibles a la infestación por el ácaro *Varroa destructor* como las abejas europeas. Aunque se reporta una mayor cantidad y efectividad de mecanismos de resistencia en contra de varroas por parte de las abejas africanas, éstos no han demostrado ser más efectivos que los mecanismos de resistencia que pudieran estar presentes en las abejas europeas o en las abejas asiáticas.

## 6.9 LITERATURA CITADA

- Boecking, Q. and Drescher, W. 1991. Response of *Apis mellifera* L colonies infested with *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*. 22: 237-241.
- Camazine, S. 1986. Differential reproduction of the mite, *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae), on africanized and european honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 79: 801-803.
- Delfinado – Baker, M. and Peng, C. S. 1995. *Varroa jacobsoni* and *Tropilaelaps clareae*: A perspective of life history and why asian Bee- mites preferred european honey bees. *American Bee Journal*. 415- 420.
- De Jong, D., Roma, A.D. and L.S. Goncalves. 1982. A comparative Analysis of shaking solutions for detection of *Varroa jacobsoni* Oud. On Adults Honey Bees. *Apidologie*. 13(3): 297-306.
- De Jong, Lionel, S., Goncalves y Roger, A. Morse 1984 Dependence on climate of the virulence of *Varroa jacobsoni*. *Bee World*. 65 (3): 117-121.
- De Lama, M. A., Figueiredo R. A., Soares, A. E. E., Del Lama, S. N. 1988. Hexokinase polymorphism in *Apis mellifera* and its use for africanized honeybee identification. *Rev. Brazil Genet*. 2 (2): 287-297.
- Donze, G., Guerin, P. M. 1994. Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mite parasitizing honeybee brood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 34. 305-319
- Fierro, M. M., Moffet, J.O., Maki, D.L. and Andrade, T. 1987. The africanized bees in Chiapas, Mexico. *Bee journal*. 127 (7): 517-527.
- Guzmán - Novoa, E., A. Sánchez, RE Page Jr, T. García. 1996. Susceptibility of european and Africanized honeybees (*Apis mellifera* L) and their hybrids to



- Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*. 27: 98-103.
- Hagen, R. H., Smith, D. R. Y Rissing, S. W., 1988. Genetic Relatedness among co-foundresses two desert ant species *Veromessor pergandei* and *Acromyrmex versicolor* (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche*. 95: 191-201.
- Harbo, J. R., Hoopingarner, R. 1995. Resistance to *Varroa* expressed by honey bees in the USA. *American Bee Journal*. 135: 827.
- Koeniger, N., Koeniger, G. 1993. Possible effects of regular treatments of *Varroa* on the host-parasite relationship between *Apis mellifera* and *Varroa jacobsoni*. *Asian Apiculture*. 541-550
- Lobo, J. A., Del Lama, M. A. and Mestriner, M. A. 1989. Population differentiation and racial admixture in the africanized honeybee (*Apis mellifera* L.). *Evolution*. 43 (4): 794-802.
- Message, D., Goncalves, L.S. 1995. Effect of the size of worker brood cells of africanized honey bees on infestation and reproduction of the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*. 26: 381-386.
- Moretto, G., L.S Goncalves, D De Jong, MZ Bichuette. 1991. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. *Apodologie*. 22: 197-203.
- Moretto, G., A Pillati, D De Jong, L.S Goncalves, FL Cassini. 1995. Reduction of *Varroa* infestations in the state of Santa Catarina, in southern Brazil. *American Bee Journal*. 498-500
- Pechhacker, H. 1993. A successful strategy for *Varroa* control. *Asian Apiculture*. 551-555.
- Ramírez, W. B. 2000. Management of commercial colonies of africanized honey bees in Costa Rica. *American bee journal*. 140 (9): 741-742.
- Richardson, B.J., Baberstock, P.R y M. Adams. 1986. *Allozyme Electrophoresis*. Academic Press. Sydney, Australia. Pp. 121, 198.

- Rinderer, T. E., Silvester, H. A. 1981. Identification of africanized bees. American Bee Journal. 121 (7): 512-516.
- Rosenkranz, P., Engels, W. 1994. Infertility of *Varroa Jacobsoni* after invasion in *Apis mellifera* worker brood as a tolerance factor against Varroaosis. Apidologie. 25: 402-411.
- Seeley, T. D. 1985. Honeybee Ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 12, 39, 112, 113, 143 Pp.
- Spivak, M., Williams, M. 1998. Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and *Varroa*. Bee World. 79. 124-134.
- SPP, 1977. CETENAL, Carta edafológica de Linares, G14-C58.
- SPP, 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León.
- Taylor, O. R., D. R Smith, W. M Brown. 1989. Neotropical Africanized honey bees have african mitochondrial DNA. Nature. 339: 213-215.
- Woyke, J. 1976. Population genetics studies on sex alleles in the honeybee using the example of Kangaroo Island bee sanctuary. Journal of Apicultural Research 15, 105-123.
- Woyke, J. 1989. Breeding of honey bees resistant to *Varroa jacobsoni*. American Bee Journal. 129(1): 21-22.

### **CAPÍTULO III**

#### **7. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA INFESTACION DE *Varroa destructor* EN COLONIAS DE ABEJAS (*Apis mellifera*) EUROPEAS Y AFRICANIZADAS EN LINARES, N.L., MÉXICO**

## RESUMEN

Se analizó la grave problemática causada por el ácaro *Varroa destructor* a las colonias de abejas *Apis mellifera* europeas y africanizadas, para ello se midieron infestaciones de ácaros (*Varroa destructor*) en condiciones extremas de baja temperatura. Se determinó el grado de infestación del ácaro en 80 colonias de *Apis mellifera* de julio a diciembre de 2001. Asimismo, durante ese tiempo se midió diariamente la temperatura en los nidos dentro de las colonias observándose en el verano una infestación de  $52.6 \pm 19.15$  varroas por colmena a una temperatura promedio de  $28.7^{\circ}\text{C}$  en la cámara de cría, mientras que, durante el mes de noviembre la infestación se incrementó a  $88 \pm 41$  varroas por colmena a una temperatura promedio de  $15.9^{\circ}\text{C}$ . Se observó que las bajas temperaturas dentro de la colmena favorecen el incremento demográfico de *Varroa destructor*.

## PALABRAS CLAVE

Temperatura, ácaro *Varroa destructor*, genotipos, abejas *Apis mellifera* africanizadas y europeas.

## 7.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los mayores problemas de la apicultura es el ácaro *Varroa destructor*, que genera pérdidas en las cosechas, al mermar la población de las abejas *Apis mellifera*. El crecimiento demográfico del ácaro parásito *V. destructor* sobre las abejas (*Apis mellifera*), varía debido a diversos factores, entre los que se encuentran el clima (De Jong *et al.*, 1984), el tiempo de operculado de la cría (Buchler & Drescher, 1990;) y las razas de las abejas (Camazine, 1986).

Entre las abejas de zonas tropicales o subtropicales y las de zonas templadas existe una diferencia muy significativa en el número de crías, debido a que los ciclos estacionales en las zonas templadas provocan en las colonias de abejas un periodo de confinamiento durante el invierno en el que se reduce la producción de crías (Morse y Hooper, 1985). Por el contrario, en las regiones tropicales, la cría de abejas se mantiene todo el año, con esporádicos lapsos de ausencia de cría durante los periodos de sequía, que suelen ser muy cortos (FAO, 1986).

Morse y Hooper (1985) midieron la temperatura del interior del nido de las abejas y observaron que la temperatura hacia el interior de la colonia permanece constante entre los 34 y 35°C. Asimismo, se ha observado que cuando la temperatura del exterior de la colonia de las abejas es baja y llega a menos de 10°C, la temperatura de la cámara de cría llega a los 28°C y el desarrollo de las abejas obreras puede tomar más de 21 días, quizás hasta 24 días o más (De Jong, 1984).

Por otro lado, las colonias de abejas en regiones de climas templados son especialmente susceptibles a las infestaciones de *Varroa*, debido al estrés causado por las bajas temperaturas del invierno, periodo en que las obreras deben vivir más tiempo que las abejas criadas para la primavera y el verano, pese a que hay una disminución en la vida media de los hospederos (De Jong *et al.*, 1982). Un ejemplo de esto, son los típicos nidos pequeños de las abejas africanizadas, que no permiten mantener suficientes adultos para las aglomeraciones de abejas (Winston, 1992). Esta conducta les impide termorregular adecuadamente la colonia durante el

invierno. También, se ha observado que los índices de infestación en las regiones templadas tienden a ser mayores a los de las regiones tropicales (Moretto *et al.*, 1991). De cualquier manera, se ha visto que las colmenas, aunque presenten altos grados de infestación, no son destruidas, pero la infestación en algunas de las colonias en la región fría ha sido suficientemente alta para retardar su desarrollo y limitar su producción (De Jong *et al.*, 1982).

Se han mencionado las diferencias de los porcentajes de infestación por *Varroa*, y se ha determinado que en climas fríos la infestación alcanza el 76%, mientras que en los climas cálidos de los trópicos alcanza el 43% (Rutter y De Jong, 1984, en Marcangeli *et al.*, 1991). De Jong, (1983) menciona que en los climas templados, la cantidad de individuos de las poblaciones de *Varroa* se puede incrementar rápidamente, lo que ocasionaría la declinación y muerte de la colonia de abejas.

Algunos autores reportan altas infestaciones de *Varroa* en regiones con climas fríos. La correlación de infestación con las diversas estaciones del año, coinciden con las encontradas en las localidades, que en primavera fue de 71.9% y en el otoño fue del 55.8 % (Marcangeli *et al.*, 1991).

En experimentos realizados en ambientes controlados dentro de cámaras bioclimáticas o incubadoras, se ha observado que las altas temperaturas que se presentan normalmente en los climas cálidos no son capaces de matar a los ácaros, pero sí son capaces de provocar su desprendimiento del cuerpo de las abejas; la temperatura a la que se desprendieron todas las varroas del cuerpo de las abejas, fue de 40°C, manteniendo esta temperatura durante dos días (Harbo, *et al.*, 1995).

Se ha señalado que las bajas temperaturas del invierno facilitan el establecimiento de la *Varroa*, de modo que se encontrará un mayor número de ácaros en las abejas adultas. Esto debido a que hay menor producción de crías de abejas durante el invierno (Moretto *et al.*, 1991).

## 7.2 HIPÓTESIS

Existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura del nido de las abejas *Apis mellifera* y el nivel de infestación de *V. destructor*.

## 7.3 OBJETIVO

Determinar si existe relación entre la temperatura del nido y el número de varroas presentes en colmenas de abejas europeas y africanizadas, e identificar el grado de relación de la temperatura con las características genéticas de las diferentes razas de abejas y sus mecanismos intrínsecos de resistencia a la infestación por *Varroa*.

## 7.4 ÁREA DE ESTUDIO

Este trabajo se efectuó durante los meses de julio a diciembre del año 2001 en los apiarios experimentales del Laboratorio de Entomología Forestal, en terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Linares, N. L., que se encuentra ubicado entre las coordenadas 25° 09' y 24° 33' de latitud norte y 99° 54' y 99° 07' de longitud oeste, abarcando una superficie total de 2,445.3 km<sup>2</sup> y una altura promedio de 350 m.s.n.m. (SPP, 1986). El área de realización del estudio se sitúa dentro de una zona de transición climática entre los tipos de clima (A)C(W0) semicálido subhúmedo y BS1(h')hw (SPP, 1986), siendo la vegetación dominante en el área, el matorral espinoso tamaulipeco (SPP, 1977).

## 7.5 METODOLOGÍA

Se establecieron 80 colonias tipo Langstroth (cada una de ellas considerada una unidad experimental) De dichas colonias, se obtuvieron progenies de *Apis mellifera* con distintos linajes genéticos a partir de la inducción del apareamiento de

reinas europeas con zánganos europeos y africanizados y de reinas africanizadas con zánganos europeos y africanizados. Ocho líneas genéticas de abejas con diez repeticiones: europeas puras EP1 y sus filiales, EF1, EF2 y EF3; y africanizadas puras AP1 y sus filiales AF1, AF2 y AF3.

Posteriormente, se tomó una muestra al azar de 22 individuos de cada una de las 80 colonias analizadas, para identificarlos al nivel de subespecie. Para ello se caracterizó y tipificó genéticamente el DNA de una muestra de tórax de los individuos de las seleccionados en cada colonia, por medio de una prueba de electroforésis en placa de acetato de poliacridamida, midiendo en porcentaje el grado de variación alélica (polimorfismo), utilizando como marcadores genéticos las aloenzimas hexoquinasa HK-2 y malato-deshidrogenasa MDH-1 (Hagen, *et al.*, 1988 y Richardson, *et al.*, 1986).

La forma homóciga 1,1 para la aloenzima MDH se consideró como evidencia de ancestros africanos (Nunamaker, *et al.*, 1984), y para la aloenzima HK, la forma polimórfica 1,2 se consideró intrínseca a progenies africanas (en este caso africanizadas), pues se sabe que el alelo 1 está fijo en las poblaciones de Europa (1,1), y presenta polimorfismo (1,2) en las poblaciones de África (Del Lama, *et al.*, 1988 y Rinderer, *et al.*, 1981).

Para medir el grado de infestación por *Varroa destructor*, se colocó una charola adhesiva cubierta de pegamento en el piso de cada colonia, en la que se colectaron las varroas una vez cada 30 días, para su posterior cuantificación en laboratorio (Fries *et al.*, 1993; De Jong *et al.*, 1982). La cantidad de ácaros colectada, se consideró representativa del número promedio de varroas durante el mes (De Jong, *et al.*, 1982). La colecta de ácaros se llevó a cabo de julio a diciembre de 2002.

La medición de la temperatura se efectuó diariamente en el interior de las colmenas, utilizando sensores térmicos (Hobo, XT US patent 5373346), envueltos en una capa de papel aluminio (para evitar la obstrucción por cera, propóleo o residuos), los cuales se colocaron en el último cuadro de cría en un extremo de las celdillas operculadas. Posteriormente, se obtuvo el promedio mensual de temperatura, analizando su relación con el número de ácaros infestantes de las colonias en cada



línea genética de abejas. Se utilizó el paquete estadístico SPSS. Versión 10.0 para la realización de los análisis estadísticos.

## 7.6 RESULTADOS

La mortalidad de los ácaros observó una gran variación a lo largo de los seis meses en que se cuantificaron los individuos de *V. destructor* adheridos a las charolas colectoras. El grado de infestación fue muy variable entre las colmenas estudiadas. La ANOVA expresó en los niveles de infestación de *Varroa* las muestras de ácaros durante los meses de julio a septiembre del 2002 mostraron diferencias significativas ( $F=4.436$ , gl 4,  $\alpha=.002$ ). La tabla 1 muestra las diferencias de la cuantificación de varroas, entre los distintos meses ( $\alpha=0.005$ ).

**Tabla 1.** Grado de infestación (número de ácaros por colmena) de *Varroa destructor* a través del tiempo y temperatura en las colonias (n) de *A. mellifera*. Prueba de medias de scheffe ( $\alpha=0.005$ ).

Meses	Temp. media Mensual	n	Número de <i>Varroas</i> por mes ( $\bar{x}$ y desviación estándar)
Jul-2002	28.7°C	43	52.60 ± 19.15 ab
Ago-2002	19.5°C	40	42.00 ± 16.46 a
Sept-2002	20.9°C	33	41.36 ± 20.44 a
Oct-2002	18.4°C	39	58.48 ± 25.6 ab
Nov-2002	15.9°C	33	88.03 ± 41.16 b
Dic-2002	9.6°C	37	62.37 ± 23.73 ab

La desviación estándar, media y letras diferentes, muestran el grado de significancia ( $\alpha=0.05$ ).

En los meses más cálidos se registraron los grados de infestación más bajos, y en el mes de julio se presentó el promedio de infestación menor, con 52.6 varroas por charola recolectora. A una temperatura promedio de 28.7°C. El grado de infestación aumentó mientras la temperatura disminuyó, presentándose en el mes de noviembre el mayor grado de infestación, con un promedio de 88.0 varroas por cada charola recolectora, con 15.9°C promedio. Aunque el mes de diciembre registró

temperaturas menores (un promedio de 9.6°C), el promedio de ácaros infestantes fue menor al de noviembre (62.4 varroas en promedio por charola recolectora).

**Tabla 2.** Temperatura máxima, mínima y promedio (en grados centígrados) de noviembre y diciembre de 2002 en el interior y exterior de las colmenas.

	Temperatura en el exterior de las colmenas	Temperatura en el interior de las colmenas				
		Abejas europeas puras P1	Abejas europeas F1	Abejas europeas F2	Abejas europeas F3	Abejas africanas Puras P1
Promedio± y Desv. St.	9.5±6.6	7.9±5.5	10.3±5.1	15.7±6.3	17.2±5.9	17.2±5.9
Temperatura mínima	-10.07	-9.00	-3.66	3.31	6.22	7.12
Temperatura máxima	21.3	21.4	26.9	33.6	34.8	34.9

Los meses de noviembre y diciembre de 2002 fueron los más fríos. Las temperaturas máximas, mínimas y promedios tanto del interior de las colonias como del exterior, se muestran en la tabla 2.

La temperatura más baja fue la del exterior de la colonia (ambiente) con una mínima de -10.1 °C, una media de 9.5 °C y una máxima de 21.3 °C, teniendo valores muy cercanos a los que se registraron en las colonias de abejas europeas puras con una mínima de -9.0 °C, una media de 7.9 °C, y una máxima de 21.4 °C.

El grupo de abejas europeas F1, mostró valores de temperatura más elevados, donde la mínima fue -3.7°C, la media de 10.3°C, y la máxima de 26.9°C; mientras que el grupo de las abejas europeas F2, registró una temperatura mínima de 3.3°C, mayor a la de las abejas europeas puras y a las abejas del grupo F1, con una temperatura media de 15.7°C, y una temperatura máxima de 33.6°C. Las colmenas europeas F3 y africanas puras, presentaron temperaturas muy similares; las europeas F3 registraron una temperatura mínima de 6.2°C, una temperatura media de 17.3°C, y una temperatura máxima de 34.9°C y las abejas africanas puras tuvieron un registro de temperatura mínima de 7.1°C, una temperatura media de 17.3°C y una temperatura máxima de 34.9°C.

## 7.7 DISCUSIÓN

Aunque se ha dicho que la temperatura del interior de la colonia de abejas permanece constante entre los 34 y los 35°C (Morse y Hooper, 1985); en el presente trabajo se encontró que la temperatura del interior de la cámara de cría no es constante, y que la disminución de la temperatura exterior va acompañada de una disminución drástica en la temperatura interna del nido, siendo la caída de la temperatura en algunas ocasiones es mayor a los 10 °C.

En cuanto a la infestación de *V. destructor* en las colonias de abejas, hasta ahora se tenía evidencia de que las abejas africanizadas eran más resistentes a *Varroa*, sin embargo, algunas investigaciones recientes han arrojado resultados que muestran que los niveles de infestación de los ácaros *Varroa* en distintos climas, son diferentes, aunque las abejas sean del mismo genotipo. Por lo tanto, probablemente existe una influencia del clima, siendo éste un factor determinante en la sobrevivencia de las colonias (De Jong, *et al.*, 1982).

Se señalan que si la temperatura externa a las colonias de abejas, desciende a 10°C, la temperatura de la cría cae a los 28 °C y el desarrollo de las abejas obreras puede tomar más de 21 días, hasta 24 días o más (Morse y Hooper, 1985); lo que puede permitir que más varroas completen su ciclo de vida, elevando la infestación (De Jong *et al.*, 1984; Ritter y De Jong, 1984). Por lo tanto, el factor climático presenta gran influencia sobre la infestación de los ácaros en las colonias de abejas, y parece ser este hecho, más importante que la propensión de las diferentes razas de abejas a manifestar mecanismos intrínsecos de defensa a la infestación por ácaros (De Jong *et al.*, 1982).

Por otra parte, dado que en las zonas templadas las bajas temperaturas van acompañadas de cortos lapsos de disminución del número de crías de abejas y de un periodo de confinamiento en que el número de crías puede ser casi nulo, y ya que para *V. destructor* las crías son vitales para su sobrevivencia, es de esperarse que al disminuir la temperatura del nido, en primer lugar sobrevenga un aumento del número de varroas con relación al de abejas que, con las bajas temperaturas, disminuyen su producción de crías. Posteriormente, habría algún mecanismo de

autorregulación en la población de *Varroa destructor* (en parte detonado por el decrecimiento en el número de crías de las abejas), lo que explicaría el hecho de que en noviembre, pese a no haber sido el mes más frío, se presentó el mayor grado de infestación en las colonias, decayendo en diciembre, a pesar de haber sido el mes con temperaturas más bajas (tabla 1).

En Sudamérica una alta proporción de hembras infértiles de varroas ha sido relacionada con climas tropicales (Ritter y De Jong, 1984). En otra investigación, se ha observado también, que los porcentajes de hembras infértiles en *Varroa* no variaron, independientemente de la raza de abejas. Rosenkranz *et al.*, (1994) y Woyke (1989) encontraron diferencias entre el número de varroas que se reproducen en las larvas de obreras en Sudamérica y en Europa, siendo más alta la infestación en Europa, donde el clima es más frío. A causa de que los niveles de *Varroa* aumentan, un número mayor de abejas nacen con deformidades y no completan el tiempo de vida esperado de 2 meses (Rutter y De Jong, 1984). Por lo tanto, el porcentaje de varroas aumentará tanto en la cría como en las abejas adultas y así, las poblaciones de abejas van disminuyendo conforme aumenta la infestación de ácaros.

El ciclo de vida de las colonias de abejas africanizadas presenta otra barrera a la supervivencia de la colonia en el invierno, causada por la frecuente enjambrazón y evasión, que mantienen muy pequeñas a las poblaciones en el nido, y la miel almacenada es muy escasa. Otra característica problemática para las abejas en invierno, es su corto tiempo de vida, dejando a las colonias con una insuficiencia poblacional de obreras para una conglomeración efectiva para el desarrollo de la cría (Winston, 1992). Por lo tanto, la temperatura juega un papel determinante en la vida de la colonia. De Jong, *et al.*, (1982) mencionan que las colonias de abejas en climas templados son especialmente susceptibles a las infestaciones de *Varroa* por el estrés causado debido al frío invernal. En Linares, se registró una temperatura mínima de  $-10^{\circ}\text{C}$  y una temperatura promedio de  $9.5^{\circ}\text{C}$  durante los meses de noviembre y diciembre de 2002.

Los resultados mostraron que en todas las colonias estudiadas, independientemente del linaje genético de las poblaciones de abejas, el número de individuos de *V. destructor* aumentó en los meses más fríos; conforme disminuyó la temperatura, incrementándose el grado de infestación, aunque en diciembre, que fue el más frío (9.6°C promedio), no se presentó la mayor infestación, sino en el mes de noviembre, con 15.9°C en promedio. Asimismo, se ha observado en climas templados que la población de ácaros aumenta rápidamente su densidad, lo que lleva a una declinación y muerte de la colonia y del parásito (De Jong, 1983). Lo anterior, coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que en los meses de agosto y septiembre se observó una infestación de 41.5 varroas en promedio por charola de recolección. No obstante que las abejas africanizadas mostraron la temperatura más elevada dentro del nido, debido a un mayor número de abejas y cría durante todo el año y mantuvieron temperaturas mínimas de 7.2°C, una media de 17.3°C y una máxima de 34.9°C en el mes de noviembre aumento a 88 varroas por charolas. Sin embargo el número de ácaros aumentó en los meses de invierno.

Se ha demostrado que las obreras de invierno pueden vivir más tiempo que las abejas criadas en la primavera y el verano (De Jong, *et al.*, 1982).

Durante los meses de noviembre y diciembre de 2001, se registró una temperatura media de 9.5°C fuera de la colonia, haciendo caer la temperatura interna del nido y dando oportunidad a que más varroas completaran su ciclo de vida, ocasionando que la infestación aumentara en el mes de noviembre. Sin embargo, en diciembre la población de ácaros disminuyó, ya que las colonias de abejas entraron en diapausa invernal, con poca o casi nada de cría, lo que limitó la reproducción de varroas.

## 7.8 CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la temperatura tiene gran influencia en los niveles de infestación de los ácaros *Varroa*, que a su vez, afectan la sobrevivencia de las colonias infestadas. Los índices de infestación observados en los meses fríos fueron mayores a los de los meses más cálidos.

## 7.9 LITERATURA CITADA

- Camazine, S. 1986. Differential reproduction of the mite, *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae), on africanized and european honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 79: 801-803.
- De Jong, D. and De Jong, P. H. 1983 Longevity of Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested by *Varroa jacobsoni* (Parasitiformes: Varroidae) *J. econ. Ent.* 76: 766-768.
- De Jong, D., Roma, A.D. and L.S. Goncalves. 1982. A comparative Analysis of shaking solutions for detection of *Varroa jacobsoni* Oud. on Adults Honey Bees. *Apidologie*. 13(3): 297-306.
- De Jong, Lionel, S., Goncalves and Roger, A. Morse 1984 Dependence on climate of the virulence of *Varroa jacobsoni*. *Bee World*. 65 (3): 117-121.
- Del Lama, M. A., R. A. Figueredo, A., E.E. Soares and S. N. Del Lama. 1988. Hexokinase polymorphism in *Apis mellifera* and its use for Africanized honeybee identification. *Rev. Brazil. Genet.* 11:287-297.
- Fries, I. and Hansen, H. 1993. Biotechnical control of *Varroa* mites in cold climates. *American Bee Journal*. 435-438.
- Hagen, R. H., Smith, D. R. and Rissing, S. W. 1988. Genetic Relatedness among co-foundresses two desert ant species *Veromessor pergandei* and *Acromyrmex versicolor* (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche*. 95: 191-201.
- Marcangeli, JA, MJ Eguaras, NA Fernandez. 1991. Reproduction of *Varroa jacobsoni* (Acari: Mesostigmata: Varroidae) in temperate climates of Argentina. *Apidologie*. 57: 57-60.
- Moretto, G., LS Goncalves, D De Jong, MZ Bichuette. 1991. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. *Apodologie*. 22:

197-203.

Morse, R. A. and Hooper, T. (Editors). 1985. The Illustrated Encyclopedia of Beekeeping. E. P. Dutton, Inc. New York. 45-46.

Richardson, B.J., Baberstock, P.R y M. Adams. 1986. Allozyme Electrophoresis. Academic Press. Sydney, Australia. Pp. 121, 198.

Ritter, W., and De Jong, .D. 1984. Reproduction of *Varroa jacobsoni* Oud. in Europe, the middle east and tropical south America. Z. Angew. Entomol., 98, 55-57.

Rosenkranz, P., W Engels. 1994. Infertility of *Varroa jacobsoni* females after invasion into *Apis mellifera* worker brood as a tolerance factor against *Varroa*osis. Apidologie. 25: 402-411.

SPP, 1977. CETENAL, Carta edafologica de Linares, G14-C58.

SPP, 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León. 170pp.

Winston, M. L. 1992. Killer Bees. The africanized honey bee in the american. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. p 162.

Woyke, J. 1989. Breeding of honey bees resistant to *Varroa jacobsoni*. American Bee Journal. 129(1): 21-22.



## 8. DISCUSIÓN GENERAL

Las estrategias de resistencia de los genotipos africanizados no mostraron evidencias de ser más efectivas en la supresión del ácaro *Varroa destructor* y las colonias africanizadas se encontraron iguales o más infestadas con el ácaro que las colonias de abejas europeas. Sin embargo, estudios realizados que comparan los distintos mecanismos de resistencia de las abejas *Apis mellifera* africanizadas y europeas contra la infestación del ácaro *V. destructor*, mencionan que existen diferencias en los niveles de infestación de las abejas europeas y africanizadas (Moretto *et al.*, 1995).

Hasta ahora se tenía evidencia de que las abejas africanizadas eran más resistentes a *V. destructor* (Buchler, 1994). Pero los resultados obtenidos en el presente trabajo, indican que las abejas africanas y europeas son igualmente susceptibles al ácaro *V. destructor*, en condiciones extremas, como son las bajas temperaturas coincidiendo con lo reportado por (De Jong, 1998). Por lo que las colonias se encontraron más infestadas durante los meses más fríos.

Los resultados obtenidos en campo sobre el comportamiento defensivo de las abejas europeas, africanizadas y sus híbridos, mostraron que la agresividad se incrementó con la hibridación de las abejas europeas y africanizadas (Collins *et al.*, 1988; Schneider y McNally, 1992) En el presente estudio las abejas africanizadas puras y los híbridos europeos F3 fueron los que presentaron mayor agresividad.

Los genotipos de las reinas juegan un papel importante en la conducta defensiva de las colonias, a diferencia de lo reportado por (Guzmán-Novoa y Page, 1993), como lo indican los distintos genotipos de las reinas y su progenie que observaron diferencias significativas en la protección del nido.

Algunos autores demostraron que en las zonas tropicales la *Varroa destructor* no representa problema alguno para la apicultura. Sin embargo, también se menciona que si se tienen abejas más resistentes pueden ser abejas más africanizadas las cuales enjambren y se evadan más, disminuyendo la producción apícola.

Las temperaturas bajas en el interior del nido de las abejas (*Apis mellifera*) europeas y africanizadas determinan el incremento en el número de ácaros (*Varroa destructor*) dentro de las colonias y que a bajas temperaturas se presenten inhibiciones y/o retrasos en el proceso de desarrollo de las crías de las abejas, lo que se traduce en perjuicios para la producción apícola.

Por lo tanto, se sugiere que debe haber múltiples alternativas en el manejo de las colonias contra el ácaro *V. destructor* con distintas abejas y para las diferentes regiones, ya que hay distintos grados de infestación en los diferentes climas.

## 9. RECOMENDACIONES

Al no encontrar genotipos de abejas que presenten mecanismos de resistencia a los ácaros *V. destructor*, sólo se puede recomendar un manejo integrado de plagas, más que una selección de genotipos. El manejo de plagas debe contemplar umbrales económicos, daños de equilibrio, cambio de reinas con genotipos altamente productores de miel, calendarios de tratamientos con diferentes acaricidas contra las varroas y la rotación de los acaricidas para no crear tolerancia del ácaro a una familia de piretroides.

## 10. LITERATURA CITADA

- Badino, G. and A. Manino. 1984. Populations genetics of Italian honeybee (*Apis mellifera ligustica* Spin.) and its relationships with neighboring subspecies. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino 2:571-584.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1982. Genetic variability of *Apis mellifera ligustica* Spin. In a marginal area of its geographical distribution. Experientia 38:540-541.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1983a. Identificazione di *Apis mellifera ligustica* sinola sulla base di sistemi gene-enzima (1). BoL. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino, Vol. 1-N.2, pp. 451-460.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1983b. Population structure and Mdh-1 locus variation in *Apis mellifera ligustica*. Jour. Oh Heredity 74:443-446.
- Badino, G., G. Celebrano and A. Manino. 1985. Enzymes polymorphism in the Sicilian honeybee. Experientia 41:752-754.
- Bancomext. 1999. Guía básica del exportador. 71 edición. Banco Nacional del Comercio Exterior. Beker, B. 1998. An advanced formic acid evaporator. Bee Biz 8:20-21.
- Barbero, B. Panella, F. Bannizzoni L. 1997. API LIFE VAR y el plan de lucha contra la Varroasis en Italia. Vida Apícola 84: 54-59.
- Beker, B. 1998. An advanced formic acid evaporator. Bee Biz 8:20-21
- Boecking, Q. and Drescher, W. 1991. Response of *Apis mellifera* L colonies infested with *Varroa jacobsoni* Oud. Apidologie. 22: 237-241.
- Braunstein, M. 1998. Expreso de Cabaña Apícola Malka. Parodi Agropecuaria S.A. Colmenares "El Picaflor" Ciafardini Hnos. Boletín Técnico Apícola. Febrero de 1998.

- Buchler, R. (1994) *Varroa* tolerance in honey bees-ocurrence, characters and breeding. *Bee World*.75:54-70.
- Burrell, B. D, Smith BH. 1994. Age-but not caste-related regulation of abdominal mechanisms underlying the sting reflex of the honey bee, *Apis mellifera*. *J Comp Physiol*; 174:581-592.
- Cajero, A. S. 1995. Logros del Programa Nacional Para el Control de la Abeja Africana. Memorias del II Congreso Internacional de Actualización Apícola; 1995 mayo 26-28; México. México (DF): Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, AC, 1995:9-10.
- Calkins, Ch. F. 1974. Beekeeping in Yucatan: A study in historical-cultural zoogeography. Ph. D. thesis. University of Nebraska, Lincoln.
- Camazine, S. 1986. Differential reproduction of the mite, *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae), on africanized and european honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 79: 801-803.
- Cheng. I. C.1967 *The Biology of Animal parasites*: Saunders, Philadelphia. Pp 3-28.
- Chihui, A.D., Rojas, L.M. y D.S. Rodríguez. 1992. Primer Reporte en México del Acaro *Varroa jacobsoni*, causante de la *Varroasis* de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). VI Seminario Americano de Apicultura. Oaxtepec, Morelos. México.
- Collins AM, Rinderer TE, Tucker KW, Sylvester HA, Lockett JJ. 1980. A model of honey bee defensive behaviour. *J Apic Res*;19:224-231.
- Collins, A. M. 1986. Bidirectional selection for colony defense in Africanized honey bees. *Am Bee J*;126:827-828.
- Collins, A. M., and Kubasek, K. J. 1982. Field test of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony defensive behavior. *Ann. Entomol. Soc. Am*. 75: 383-38.

- Collins, A. M., Rinderer, T. E., Harbo, J. R., and Bolten and A. B. 1982b. Colony defense by Africanized and European honey bees. *Science* 218: 72-74.
- Collins, A. M., Rinderer, T. E., Harbo, J. R., and Brown, M. A. 1984. Heritabilities and correlations for several characters of the honey bee, *Apis mellifera*. *J. Hered.* 75: 135-140.
- Collins, A.M., Rinderer, T. E., and Tucker, K, W. 1988. Colony defense of two honeybee types and their hybrids. 1. Natural matings. *J. Apic. Res.* 27: 137-140.
- Cornuet. J. M. 1979. The MDH system in honeybees of Guadalupe. *The Journal of Heredity.* 70: 223-224.
- Contel, E. P. B., Mestriner, M. A. y Martins. E. 1977. Genetic controlled developmental expresión of malate dehydrogenase in *Apis mellifera*. *Biochemical Genetics.* 15 (9-10) : 859-876.
- Darwin, C. 1859. *The Origin of Species*. Edited by J. W. Burrow. Pp 120-121.
- De Jong, 1998 a. Evolución de la resistencia de las abejas a la *Varroa*. *Memorias del VI Congreso Iberoamericano de Apicultura*. Sin numeración.
- De Jong, L., S., Goncalves and Roger, A. Morse. 1984. Dependence on climate of the virulence of *Varroa jacobsoni*. *Bee World.* 65 (3): 117-121.
- De Jong, D.; De Jong, P. H. 1983 Longevity of Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested by *Varroa jacobsoni* (Parasitiformes: Varroidae) *J. econ. Ent.* 76: 766-768.
- De Jong, D., Roma, A.D. and L.S. Goncalves. 1982. A comparative Analysis of shaking solutions for detection of *Varroa jacobsoni* Oud. On Adults Honey Bees. *Apidologie.* 13(3): 297-306.
- Del Lama, M. A., R. A. Figueredo, A., E.E. Soares and S. N. Del Lama.1988. Hexokinase polymorphism in *Apis mellifera* and its use for Africanized honeybee identification. *Rev. Brazil. Genet.* 11:287-297.

- Delaplane, K. S. 1994. Strictly for the Hobbyist. *Deciding When to Treat Varroa Mites*. American Bee Journal. 134(10): 673-674.
- Delfinado – Baker, M., Peng, C. Y.S. 1995. *Varroa jacobsoni* and *Tropilaelaps clareae*: A perspective of life history and why asian Bee- mites preferred european honey bees. American Bee Journal. 415- 420.
- Donzé, G. Fluri, P. and Imdorf, A. 1998. A look under the cap the reproductive behavior of *Varroa* in the capped brood of the honey bee. Bee Biz 8:22-24
- Donze, G., Guerin, P. M. 1994. Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mite parasitizing honeybee brood. Behavioral Ecology and Sociobiology. 34. 305-319
- Eguaras, M., J. Marcangeli, M. Oppedisano, N. Fernández y O. García. 1996. Ensayos en colmenas de abejas del sudeste de Buenos Aires, Argentina. *Vida Apícola*. 75:56-60
- Eguiarte, L. E. 1986. Una guía para principiantes a la Genética de Poblaciones. Ciencias. Número Especial 1986. 30-38.
- Estrada, E. A. y Marroquin, J. S. 1988. Leguminosas de nuevo León. I Sinopsis de las especies de Linares. Reporte científico 9. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 49p.
- Fierro, M. M., Moffet, J.O., Maki, D.L. and Andrade, T. 1987. The africanized bees in Chiapas, Mexico. Bee journal. 127 (7): 517-527.
- Food and Agricultural Industries Service FAO Agricultural Industries Division. 1986. Tropical and sub- tropical apiculture. pp 138
- Free, J. B. 1977. The Social organization of Honeybees. Edward Arnold Publ. London.
- Freeman, G. W., Wagg, C. A y Shuler, J. T. 1992. A survey of New Jersey Honey Bees to Determine the Presence of Proteins Specific to Africanized Honey Bees. *Am. Bee Journal*. 132: 542-543

- Fries, I., Hansen, H. 1993. Biotechnical control of *Varroa* mites in cold climates. American Bee Journal. 435-438.
- Gercide, D. F. 1979. Similar allozyme polymorphism in honeybees *Apis mellifera* from different continents. *Experientia*. 36: 649-650.
- Gentry, C. 1982. La Apicultura de Pequeña Escala. Peace Corps. Manual Series M-25. Washington. D. C.
- Gentile, M: M., y Mestriner, M. A. 1983 Esterase Isosymes of *Apis mellifera*: Substrate and Inhibition Characteristics, Developmental Ontogeny, and Electrophoretic Variability, *Biochemical Genetics*. 21, (9/10): 985-1001.
- Guzman - Novoa, E., A. Sánchez, R E Page Jr, T. García. 1996. Susceptibility of european and Africanized honeybees (*Apis mellifera*L) and their hybrids to *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*. 27: 98-103
- Guzmán-Novoa E, Page R. E. 1993. Backcrossing Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) queens to European drones reduces colony defensive behavior. *Ann Entomol Soc Am*;86:352-355.
- Guzmán-Novoa E, Page RE. 1994a. Genetic dominance and worker interactions affect honey bee colony defense. *Behav Ecol*;5:91-97.
- Guzmán-Novoa E, Page RE. 1994b. The impact of Africanized bees on mexican beekeeping. *Am Bee J.*;134:101-106.
- Hall, H. G. and Muralidharan. 1989. Evidence from mitochondrial DNA that African honey bees spread as continuous maternal lineages. *Nature*. 339. 211-213.
- Hall, H. G., Harrison, J. F. 1993. African - European honeybee hybrids have low nonintermediate metabolic capacities. *Nature*. 363: 258-260.
- Hall, H. G. 1991. Genetic characterization of honey bees through DNA analysis, in: The "african" honey bee. Spivak, M. *et al.* Westview Press, Boulder, etc. 77-94



- Hall, H: G. y Muralidharan.1989. Evidence form mitochondrial DNA that African honey bees spread as continuous maternal linages. *Nature*. 339. 211-213.
- Harbo, J. R., Hoopingarner, R. 1995. Resistance to *Varroa* expressed by honey bees in the USA. *American Bee Journal*. 135: 827.
- Kerr, W. E. 1967.The history of the introduction of African bees to Brazil. *S Afr Bee J*; 39:3-5.
- Knobelspies, F.1997. Thymol treatment for *Varroa* & Chalkbrood. *Beebiz* 6: 3-5.
- Koeniger, N., Koeniger, G. 1993. Possible effects of regular treatments of *Varroa* on the host-parasite relationship between *Apis mellifera* and *Varroa jacobsoni*. *Asian Apiculture*. 541-550
- Labougle J. M., Zozaya R. J. A. 1986. La apicultura en México. *Ciencia y Desarrollo*; 69:17-36.
- Marcangeli, JA., MJ Eguaras, NA Fernandez. 1991. Reproduction of *Varroa jacobsoni* (Acari: Mesostigmata: Varroidae) in temperate climates of Argentina. *Apidologie*. 57: 57-60.
- Maschwitz, U. W. 1964. Gefahrenalarmstoffe und gefahrenalarmierung bei sozialen Hymenopteran. *Physiologie*;47:596-655.
- Message, D., Goncalves, LS. 1995. Effect of the size of worker brood cells of africanized honey bees on infestation and reproduction of the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*. 26: 381-386.
- Mestiner, M. A. y Contel E. P. B.1972. The P-3 and EST loci in the honeybee *Apis mellifera*. *Genetics*. 72: 733-738.
- Martins. E., Mestriner M. A. y Contel E. P. B. 1976. Alcohol deshidrogenase polymorphism in *Apis mellifera*. *Biochemical Genetics*. 7 (3/4): 357-366.
- Michener, Ch. D. 1975. The Brazilian Bee problem. *Ann Review of Entomology*. 20: 399-416.
- Moretto, G., A Pillati, D De Jong, LS Goncalves, FL Cassini. 1995. Reduction of

- Varroa* infestations in the state of Santa Catarina, in southern Brazil. American Bee Journal. 498-500.
- Moretto, G., L. S. Goncalves, De Jong, MZ Bichuette. 1991. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. Apodologie. 22: 197-203.
- Morse, R. A. and Hooper, T. (Editors). 1985. The Illustrated Encyclopedia of Beekeeping. E. P. Dutton, Inc. New York. 45-46.
- Naile, F. 1976. Americas Master of Bee Culture: The Life of L. L. Langstrth. Cornell University Press. Ithaca, N. Y.
- Nunamaker, R.A., Wilson, W.T and B.E. Haley.1984. Electrophoretic detection of Africanized honeybees (*Apis mellifera scutellata*) in Guatemala and Mexico based on Malate dehidrogenase allozyme patterns. Journal Kansas Entomological Society. 54:622-631.
- Nunamaker, R. A. y Wilson, W. T. 1981, Comparison of MDH allozyme patterns in thica de Poblaciones. Ciencie African honey bee (*Apis mellifera adansonii* L) and the africanized populations of Brazil. J. Kans. Entomol. Soc. 54: 704-710.
- Page, R. E. Jr. and R. A. Metcalf. 1988. A population estimate of Mdh allozyme frequencies r the honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). Pan Pacific Entomol. 64:285-289.
- Pamilo, P., Varvio-Aho, S y Pekkarinen, A. 1978. Low enzyme gene variability in Hymenoptera as a consequence of haplodiploidy. *Hereditas*. 88: 93-99. Lund, Sweden.
- Paxton, R. J, Sakamoto CH, Rugiga FCN. 1994. Modification of honey bee (*Apis mellifera* L.) stinging behaviour by within colony environment and age. J Apic Res;33:75-82.
- Puerta, F., Flores, J.M., Bustos, M., Padilla, F. & Campano, F. 1994. Chalkbrood development in honeybee brood under controlled conditions. Apidologie 25:540-546.

- Programa Nacional Para el Control de la Abeja Africana. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. México (DF): Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 1998.
- Rademacher, E. 1993. Apitol-Kombi-A new product for controlling *Varroa jacobsoni*. Asian Apiculture. 530-540.
- Ramírez, W. B. 2000. Management of commercial colonies of africanized honey bees in Costa Rica. American bee journal. 140 (9): 741-742.
- Rath, W. 1992. The key to *Varroa*: The drones of *Apis cerana* and their cell cap. American Bee Journal. 132: 329-331.
- Richardson, B.J., Baberstock, P.R y M. Adams. 1986. Allozyme Electrophoresis. Academic Press. Sydney, Australia. Pp. 121, 198.
- Rinderer, T. E., Collins A. M., Pesantd. 1985. Male reproductive parasitism: a factor in the africanization of the european honey bee population. Science. 228: 1119-1121.
- Rinderer, T. E., De Guzman L. J., Delate G. T. 1994. Dispersión de las abejas africanizadas. Investigación y Ciencia. 38-45
- Rinderer, T. E., Silvester, H. A. 1981. Identification of africanized bees. American Bee Journal. 121 (7): 512-516.
- Rinderer, T. E. 1986. Africanized Bees: An Overview. *American Bee Journal*. 126: 98-100; 128-129.
- Ritter, W., and De Jong, D. 1984. Reproduction of *Varroa jacobsoni* Oud. in Europe, the middle east and tropical south America. Z. Angew. Entomol., 98, 55-57.
- Rosenkranz, P., W Engels. 1994. Infertility of *Varroa jacobsoni* females after invasion into *Apis mellifera* worker brood as a tolerance factor against Varroaosis. Apidologie. 25: 402-411.
- Ruttner, F. 1975. Races of bees in "The Hive and the Honey Bee". Dadant, Hamilton, III. 19-38.

- Schneider, S. S., L. C. McNally. 1992. Colony Defense in the African Honey Bee In Africa. *Environmental Entomology*. 21: 1362-1370.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Situación Actual y Perspectiva de la Apicultura en México, 1990-98. Agosto 1998.
- Seeley, T. D. 1985. Honeybee Ecology. Princeton University. Press. Princeton, New Jersey. Pp.12 -143.
- Schneider, S. 1993. La Abeja Africanizada en Costa Rica. Bull. Amigos de Lomás. Barbudal. 4: 17.
- Sheppard, W. S. Soares, A. E. E., De Jong. D., y Shimanuki, H. 1991. Hybrid stratus of honey bee populations near the historic origin of Africanization in Brazil. *Apidology*, 22: 643-652.
- Sheppard W. S. y Berlocher S. H. 1985 New allozyme variability in Italian honey bees. *The Journal of Heredity*, 76: 45-48.
- Sheppard W. S. Y Berlocher S. H. 1984. Enzyme polymorphism in *Apis mellifera* from Norway, J. Apic. Res. 23: 64-69.
- Slander, R. K. 1986. Variación genética en las poblaciones naturales. En *Evolución Molecular*. Omega 21-46.
- Soberón, J. 1989. Ecología de poblaciones. Fondo de cultura económica, SA de C. V. p. 65.
- Spivak, M. 1999. "Beekeeping in the New Millennium". *Apimondia Congress XXXVI*, Vancouver, B.C. 12-18 September, 1999.
- Spivak, M., William, M. 1998. Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and *Varroa*. *Bee World*. 79. 124-134.
- SPP, 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León. 170 pp.
- SPP, 1977. CETENAL, Carta edafológica de Linares, G14-C58.

- Stort, A. C. 1974. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. I. Some tests to measure aggressiveness. *J Apic Res*;13:33-38.
- Stort, A. C. 1975a. Genetic study of the aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. II. Time at which the first sting reached the leather ball. *J Apic Res*;14:171-175.
- Sylvester, H. A. 1986. *Biochemical Genetics*. En: Rinderer, T. E. (ed.), *Bee genetics and breeding*. Academic Press. 177-203.
- Sylvester, H. A. 1982. Electrophoretic identification of Africanized honeybees. *Journal of Apicultural research* 21 (2) 93-97.
- Sylvester, H. A. 1976. Allozyme variation in honeybees (*Apis mellifera* L.). Ph. D. thesis. University of California. Davis. Calif.
- Sylvester, H. A. 1982. Electrophoretic identification of Africanized honeybees. *Journal of Apicultural research* 21 (2) 93-97.
- Szabo, T. I. 1998. Selective breeding of honey bee colonies for resistance to *Varroa jacobsoni* and the effects of management techniques on *Varroa* infestation levels. *American Bee Journal*. 537-540
- Taylor, O. R. 1977. The past and possible future spread of africanized honeybees in the Americas. *Bee World*. 65 (1): 38-47.
- Taylor, O. R. 1985. Spread of the africanized honey bee. *Bull. of the ESA*. 15-23.
- Taylor, O. R., D. R Smith, W. M Brown. 1989. Neotropical africanized honey bees have african mitochondrial DNA. *Nature*. 339: 213-215
- Taylor, O. R., D. R Smith, W. M Brown. 1991. Neotropical africanized honey bees have african mitochondrial DNA. *Nature*. 339: 213-215.
- Villa, J. D. 1988. Defensive behaviour of Africanized and European honeybees at two elevations in Colombia. *J. Apic. Res*. 27:141-145.

- Villegas, G. 1972. Tipos de vegetación en los municipios de Linares y Hualahuis. Nuevo León; sus características, aprovechamientos y condiciones ecológicas en que se desarrollan. Tesis profesional inédita. Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. 96p.
- Werth, Ch. R. 1985. Implementing an isozyme laboratory at a field station. *Virginia J. of Sci.* 36 (1): 53-76
- White, W. 1991. The bee from Rio Claro. *The New Yorker*. September 16, 1991.36-60.
- Wilson, E. O. 1971. *The insect Societies*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. 548 p.
- Winston, M. L. 1987. *The biology of the honey bee*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Winston, M. L. 1992. Killer Bees. The africanized honey bee in the american. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. p 162
- Woyke, J. 1976. Population genetics studies on sex alleles in the honeybee using the example of Kangaroo Island bee sanctuary. *Journal of Apicultural Research* 15, 105-123.
- Woyke, J. 1989. Breeding of honey bees resistant to *Varroa jacobsoni*. *American Bee Journal*. 129(1): 21-22

