

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOTECNIA

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO EN COLONIAS DE ABEJAS  
(*Apis mellifera* L.) PARASITADAS CON EL ÁCARO *Varroa destructor* A. POR MEDIO  
DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN: DIRECTO E INDIRECTO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:  
MEDELLÍN PICO RODRIGO ABRAHAM

Asesores:  
M en C. Laura G. Espinosa Montaña  
Dr. Hugo Montaldo Valdenegro

México, D. F.

2005

0350524



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICATORIAS

- A mis padres: Diana y Rafael por apoyarme siempre para seguir adelante y afrontar las adversidades de la vida, por la gran educación y el amor incondicional que me han brindado y que gracias a ellos he logrado alcanzar las metas propuestas en mi vida.
- A mi familia: Samantha y Daniela por ser mi inspiración para superarme día con día, a mi amada Anita por estar presente en mi vida apoyándome en cada momento y compartir nuestros logros.
- A Eric por su valioso apoyo incondicional ya que siempre tengo un gran hermano en quien confiar.
- A mis abuelos Angélica<sup>†</sup> y Cosme quienes siempre me apoyaron y brindaron su gran cariño para que siguiera adelante.
- A María por su apoyo incondicional en mí, su nuevo hijo.
- A mis amigos: Miguel Ángel, Julio Cesar, José Antonio, Claudia, Leticia, Sonia, Liliana y entre otros más no menos importantes, quienes desde hace mucho tiempo, siempre me han brindado su amistad.
- A todas aquellas personas que directa e indirectamente han contribuido a mi formación personal y profesional.

## AGRADECIMIENTOS

- A Dios por brindarme salud y ser la luz que guía mi camino en todo momento.
- A mis padres y hermano con profunda admiración porque éste trabajo también es un logro para ellos.
- A Anita porque me ha brindado su apoyo profesional y emocional en todo momento durante la realización de este trabajo.
- A la doctora Laura Espinosa Montaña, con toda mi admiración por ser una gran persona y profesional, siendo un modelo a seguir, por brindarme sus conocimientos científicos, su tiempo y el apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo así como su amistad y su disposición de dar un buen consejo.
- Al doctor Ernesto Guzmán Novoa por sus acertados consejos y su apoyo para la realización de este trabajo.
- A la MVZ. Adriana Correa Benítez por todo su apoyo incondicional otorgado en el desarrollo del trabajo, por contribuir en mi formación personal y profesional lo cual me ha permitido crecer y trascender como médico veterinario, por brindarme su amistad y confianza en cada momento.
- A los M en C. Angelica Gris y Daniel Prieto por todo su tiempo y amistad brindados, quienes siempre tuvieron un buen consejo personal y profesional, por brindarme su apoyo y generar en mi una visión crítica del conocimiento científico.
- A Carlos Robles Ríos y Eusebio Sánchez Castañeda por su apoyo incondicional en todas las actividades de campo.
- Al MVZ. José A. Zozaya Rubio por ser una gran persona y reafirmar mi interés por el área.
- A todas las personas del Departamento de Especies no Tradicionales que han contribuido en mi formación y al desarrollo de este trabajo.
- Al Dr. Hugo Montaldo por su valioso apoyo estadístico en la realización de este trabajo.

# CONTENIDO

<b>Titulo</b>	<b>I</b>
<b>Dedicatorias</b>	<b>II</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>III</b>
<b>Contenido</b>	<b>IV</b>
<b>Lista de cuadros</b>	<b>V</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1 Biología del ácaro</b>	<b>6</b>
<b>1.1.2 Mecanismos de resistencia</b>	<b>8</b>
<b>1.1.3 Evaluación del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>10</b>
<b>2. Justificación</b>	<b>15</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>15</b>
<b>4. Hipótesis</b>	<b>15</b>
<b>5. Material y Métodos</b>	<b>16</b>
<b>5.1. Lugar de trabajo</b>	<b>16</b>
<b>5.2 Material Biológico</b>	<b>17</b>
<b>5.3 Evaluación directa del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>19</b>
<b>5.4 Evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>21</b>
<b>5.5 Análisis de datos</b>	<b>22</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>23</b>
<b>6.1 Evaluación directa del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>23</b>
<b>6.2 Evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>24</b>
<b>6.3 Relación entre el número de ácaros lesionados y el tiempo de reacción (seg.) de las abejas, a la colocación de una varroa sobre sus cuerpos</b>	<b>25</b>
<b>7. Discusión</b>	<b>26</b>
<b>7.1 Evaluación directa del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>26</b>
<b>7.2 Evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento</b>	<b>27</b>
<b>7.3 Relación entre el número de ácaros lesionados y el tiempo de reacción (seg.) de las abejas a la colocación de una varroa sobre sus cuerpos</b>	<b>31</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>32</b>
<b>9. Literatura Citada</b>	<b>33</b>
<b>10. Cuadros y Figuras</b>	<b>46</b>

## **LISTA DE CUADROS**

**Cuadro 1.** Número de colonias en los diferentes grupos genéticos.

**Cuadro 2.** Tiempo de reacción al estímulo de colocar una varroa sobre el cuerpo de la abeja.

**Cuadro 3.** Tiempos de reacción al estímulo de una varroa colocada sobre el cuerpo de las abejas

**Cuadro 4.** Clasificación de las varroas examinadas.

**Cuadro 5.** Clasificación de lesiones encontradas en los ácaros de 10 grupos genéticos evaluados.

**Cuadro 6.** Análisis descriptivo del número de ácaros con lesiones atribuibles al acicalamiento de las abejas, obtenido durante toda la etapa experimental.

**Cuadro 7.** Análisis descriptivo del número de ácaros con lesiones atribuibles al acicalamiento en 10 grupos genéticos evaluados.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza para el número total de ácaros con lesiones, de los grupos genéticos evaluados durante toda la etapa experimental.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza del número promedio de ácaros lesionados durante cinco muestreos mensuales.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Esquema de una hembra adulta vista (A) ventralmente, (B) dorsalmente, y (C) macho, de *Varroa destructor*.

**Figura 2.** Esquema de las diferentes partes que conforman el marco de madera utilizado con el bastidor de plástico.

**Figura 3.** Esquema del bastidor de plástico pierco<sup>®</sup> utilizado para la evaluación directa del comportamiento de acicalamiento.

**Figura 4.** Esquema del bastidor de plástico y el marco de madera en el momento de realizar la evaluación directa del comportamiento de acicalamiento.

**Figura 5.** Esquema de la trampa de piso recolectora de ácaros utilizada para la evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento.

**Figura 6.** Tiempo de reacción al estímulo de la colocación de una varroa viva sobre el cuerpo de las abejas en los 10 grupos evaluados.

**Figura 7.** Esquema de las diferentes lesiones observadas sobre las varroas examinadas.

**Figura 8.** Promedio ( $\pm$  E.E.) de ácaros con lesiones en los 10 grupos genéticos evaluados.

**Figura 9.** Promedio ( $\pm$  E.E.) de ácaros con lesiones en cada uno de los cinco muestreos mensuales.

## RESUMEN

MEDELLÍN PICO RODRIGO ABRAHAM. Estudio del comportamiento de acicalamiento en colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) parasitadas con el ácaro *Varroa destructor* A. por medio de los métodos de medición: directo e indirecto. (Bajo la dirección de M en C. Laura G. Espinosa Montaña y Dr. Hugo Montaldo Valdenegro)

La varroosis es una parasitosis externa causada por el ácaro *Varroa destructor* que afecta a las abejas *Apis mellifera*, es el principal problema sanitario que enfrenta la apicultura en México. Un mecanismo de resistencia desarrollado por las abejas hacia el ácaro, es el comportamiento de acicalamiento, el cual ha sido evaluado a través de un método directo y otro indirecto, sin embargo, ningún estudio ha determinado la correlación que existe entre ellos. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de acicalamiento al estimar el tiempo de reacción de las abejas a la colocación de una varroa sobre el cuerpo (método directo) y cuantificar el número de ácaros lesionados (método indirecto). Se evaluaron las variables de respuesta de ambos métodos en 59 colonias divididas en 10 grupos de diferente origen genético. De 5900 abejas observadas, 89.15% reaccionaron al estímulo en menos de 180 seg., mientras que el 10.85% no reaccionaron. De 5089 varroas examinadas, 39.52% presentaron lesiones. Las patas fueron las estructuras más afectadas (89.04%). No se encontró correlación significativa entre las variables de respuesta de ambos métodos ( $r_s = -0.1392$ ,  $P = 0.2930$ ), por lo tanto, el método directo e indirecto miden variables diferentes de este comportamiento y discriminan de forma confiable genotipos de lenta y rápida respuesta de acicalamiento, así como genotipos con capacidad de ocasionar lesiones al ácaro, en consecuencia, se requiere aplicar ambos métodos en tanto no se determine cual de las dos variables se correlacionan negativa y significativamente con los niveles de infestación.

**Palabras clave:** *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, comportamiento de acicalamiento



## 1. Introducción

La apicultura en México tiene una gran importancia socioeconómica y ecológica, ya que es considerada como la tercera actividad pecuaria generadora de divisas (35 millones de dólares anuales). Todos los productos y subproductos que se obtienen de la actividad apícola, generan ingresos directos y fuentes de trabajo no sólo a los más de 45,000 apicultores, sino también a todas las personas que indirectamente se ven involucradas en la cadena productiva<sup>1,2</sup> tales como comercializadores, fabricantes de equipo, cosméticos, industriales de productos alimenticios y de confitería. Además, México es considerado un país importante en el área apícola en el ámbito internacional por la gran variedad de flora y sus excelentes condiciones climáticas que sustentan su potencial apícola.<sup>3,4</sup>

La producción de miel y la polinización son las actividades más sobresalientes de la apicultura. Tan sólo en el año 2004 se produjeron en México alrededor de 55,840 toneladas (1,032,916 millones de pesos).<sup>5</sup> La polinización realizada por las abejas melíferas, eleva la producción y calidad de los cultivos hasta en un 60%,<sup>6,4</sup> lo que se valora en más de 2,000 millones de dólares anuales, esto sin considerar la gran importancia que reviste la polinización de especies silvestres, que contribuye al equilibrio de los ecosistemas y a la biodiversidad.<sup>1,7</sup>

La problemática actual por la que atraviesa la apicultura en México, radica en tres aspectos sobresalientes: africanización de las abejas, varroosis y falta de transferencia de tecnología (capacitación técnica e investigación),<sup>8</sup> siendo la varroosis considerada mundialmente el factor sanitario que mayor impacto negativo ha provocado a ésta actividad.<sup>9</sup>

## 1.1 Antecedentes

La varroosis es una parasitosis externa que afecta a las abejas melíferas adultas y a la cría. Es causada por el ácaro *Varroa destructor*,<sup>10</sup> el cual originalmente fue identificado como *Varroa jacobsoni* por Oudemans en 1904 a partir de ácaros encontrados sobre la abeja *Apis cerana* en la isla de Java, Indonesia. En el año 2000, después de analizar la secuencia genética del DNA mitocondrial, se determinaron diferentes haplotipos de varroa, por lo que el ácaro fue nombrado como actualmente se conoce.<sup>10</sup> Dentro de los 18 diferentes haplotipos que infestan a *Apis mellifera* los más importantes son el Japonés/Tailandés y Coreano.<sup>10</sup>

*Varroa destructor* parasita a las especies de abeja *Apis cerana*, *Apis mellifera* y *Apis dorsata* pero no se ha reportado en colonias de abejas *Apis florea*.<sup>11-13</sup> Se sabe que, la especie *Apis cerana*, ha logrado adaptarse al ácaro debido a mecanismos de resistencia y al largo periodo de adaptación que ha existido entre ellos,<sup>14,15</sup> adaptación que no ha ocurrido en abejas *A. mellifera*. *Varroa* parasitó a la especie *A. mellifera* cuando esta especie de abeja estuvo en contacto directo con las abejas *A. cerana*, debido a la movilización de colmenas europeas hacia el continente asiático. Antes de la década de los setenta, no había evidencias de que varroa infestara abejas fuera de Asia, pero debido a importaciones de abejas de ese continente, se distribuyó mundialmente, con excepción de Australia que continúa libre.<sup>11,16</sup> Se menciona que la rápida distribución del ácaro puede atribuirse a que el haplotipo Coreano es más patógeno que el Japonés/Tailandés.<sup>17</sup> Cabe señalar que el haplotipo presente en México es el Coreano.<sup>18</sup>

En 1971, la varroosis llegó al continente americano cuando se introdujeron colmenas provenientes de Japón a Paraguay. El primer informe de la presencia de varroa en Estados Unidos de América fue en 1987, y en México, en el estado de Veracruz en 1992.<sup>19,20</sup> Actualmente se encuentra diseminado en casi todo el territorio mexicano.<sup>21,22</sup>

Los ácaros presentan efectos negativos sobre las abejas, tal es el caso de la disminución del peso y la longevidad de las abejas obreras y zánganos,<sup>23,24</sup> inclusive en éstos últimos se reduce la producción de espermatozoides. Las abejas adultas son incapaces de volar por la pérdida ó malformaciones de las alas, abdomen y patas.<sup>11,15,25</sup> Además, las proteínas de la hemolinfa decrecen hasta más del 50% evitando así su utilización en el metabolismo de la pupa.<sup>11</sup>

Algunos investigadores han señalado que los ácaros actúan como vectores de bacterias, virus y hongos, por lo tanto, incrementa la incidencia de diversas enfermedades, las cuales eventualmente conllevan a la muerte de la colonia,<sup>14,26,27</sup> máxime si al término de un ciclo productivo no son tratadas oportunamente contra el parásito y la infestación sobre la colonia es severa.<sup>11,28,29</sup> El grado de afectación que la varroosis causa en las colonias depende del grado de infestación de las mismas<sup>30</sup> y del tipo de clima.<sup>31</sup> Los efectos negativos inician cuando el grado de infestación en abejas adultas es de un 10%, y cuando oscila entre un 40 y 50% ocasiona la muerte de la colonia.<sup>32</sup>

Los daños que causa la varroa no sólo se observan en la colonia, sino también sobre la actividad apícola en los apiarios de todas las localidades donde incide la parasitosis, ya que desciende la productividad de la polinización y producción de miel, y aumentan los costos de producción.<sup>11,33,34</sup>

En México, Arechavaleta y Guzmán,<sup>20</sup> comprobaron el efecto negativo de varroa sobre la producción de miel en colonias no tratadas contra el ácaro. Este estudio indica que una colonia parasitada tendrá una disminución en la producción de miel, afectando la economía del apicultor y a largo plazo, repercutirá negativamente en la actividad apícola del país.<sup>11,32</sup>

Es importante destacar que en México antes de la presencia de varroa, se reportó una producción de 69 mil toneladas en 1991 y para 1996, 49 mil toneladas, lo que equivale a una disminución del 28.9%.<sup>5,6</sup> Debido a esta problemática y aunado a la africanización, la producción de miel en México no ha logrado obtener los niveles de producción que se llegaron a reportar en la década de los ochenta.

Para minimizar la problemática de varroa se han utilizado tratamientos químicos con diferentes principios activos, no obstante, el uso indiscriminado a ocasionado al paso del tiempo, resistencia del ácaro hacia los productos,<sup>32-35</sup> toxicidad hacia las abejas, su cría y el hombre. Inclusive debido a los residuos contaminantes,<sup>36-41</sup> la calidad y el precio de los productos derivados de la colmena disminuyen drásticamente, lo que representa una pérdida económica para los apicultores al momento de exportar.<sup>28,42-45</sup>

Por lo anterior, es importante encontrar soluciones razonables que se encaminen a la obtención de métodos biológicos y productos naturales para el control de la varroosis. Así como a la generación de conocimientos científicos basados en el estudio y evaluación de comportamientos de resistencia de las abejas, que permitan desarrollar abejas genéticamente resistentes a éste parásito.

### **1.1.1 Biología del ácaro**

La hembra adulta de varroa es de forma ovalada, de color rojizo ó marrón, mide de 1.1 a 1.2 mm de largo y 1.5 a 1.6 mm de ancho, por lo que puede observarse a simple vista. <sup>46,11</sup>

La varroa hembra presenta un cuerpo (idiosoma) elipsoidal, la parte dorsal del ácaro es convexa y presenta una cutícula que lo recubre, el idiosoma cubre parcialmente sus ocho patas y su gnatosoma (parte anterior del cuerpo). La parte ventral del idiosoma es aplanada y puede observarse plenamente todas las estructuras externas de su cuerpo (Figura 1).  
<sup>14,15,47</sup>

El macho adulto mide de 0.71 mm de largo y de 0.70 mm de ancho. A diferencia de la hembra su color es blanquecino-amarillento con forma triangular. <sup>11,46, 48</sup>

El ciclo biológico del ácaro se divide en dos etapas: la fase forética y la fase reproductiva. <sup>32,45</sup> En la primera fase, la hembra adulta y fértil se localiza sobre el cuerpo de las abejas adultas, principalmente entre las membranas intersegmentales del primero y segundo esternito abdominal, lugar que constituye el sitio más propicio para la succión de hemolinfa, <sup>11,31</sup> elemento sin el cual la abeja no podría sobrevivir. <sup>49,50</sup>

El periodo de permanencia de los ácaros en fase forética puede variar en tiempo. Se ha reportado que el ácaro permanece en dicha fase de 4 a 13 días antes de que entre a la celdilla de la cría.<sup>51,52</sup> Cuando no hay cría de abejas como en épocas de invierno o en escasez de alimento, la varroa permanece por más tiempo en esta fase.

La segunda fase se lleva a cabo en el interior de las celdas de la cría, principalmente invadiendo más la cría de zánganos, en comparación con la de obreras.<sup>29,53</sup>

La varroa entra a las celdillas de obreras y zánganos aproximadamente 20 a 40 horas (respectivamente) antes de que se realice el operculado,<sup>14</sup> justo cuando la larva tiene alrededor de cinco días de edad en obreras y cinco a siete en zánganos.<sup>54</sup> Al ingresar la varroa, se sumerge completamente en el alimento larval.<sup>32</sup> Posterior al operculado, este alimento es consumido por la abeja pero si esto no ocurre, la varroa queda atrapada y usualmente muere más tarde.<sup>31</sup> Cuando el alimento es consumido, la hembra adulta sube a la prepupa y se alimenta de la hemolinfa.<sup>55-57</sup>

Al transcurrir 60 a 70 horas posteriores al operculado la hembra deposita el primer huevo que dará origen a un macho; subsecuentemente a intervalos de 30 horas depositará los siguientes huevos, de los cuales se desarrollarán hembras.<sup>32,34,55</sup> Todos los descendientes pasan por diferentes estadios de desarrollo que son: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto; alcanzando el macho su desarrollo de huevo hasta adulto de 5.5 a 6.2 días y la hembra de 6.5 a 6.9 días.<sup>32,58</sup>

El apareamiento ocurre cuando el único macho y alguna de las hembras, alcanzan el estado adulto, <sup>14,32</sup> de tal forma que dependiendo del grado de infestación, cuando la abeja emerge, saldrán de cinco a seis hembras fértiles listas para comenzar nuevamente la fase forética. <sup>15,32,34,45,55,59</sup> Se estima que la vida promedio de una varroa hembra es de dos a tres meses en verano y seis a ocho en invierno. <sup>11</sup>

### 1.1.2 Mecanismos de resistencia

A lo largo del tiempo se ha logrado desarrollar abejas resistentes a algunas enfermedades como la acariosis (*Acarapis woodi*) y loque americana (*Paenobacillus larvae larvae*), situación que ha motivado a varios científicos a intentarlo para el caso de la varroosis. <sup>59,60</sup>

Para tal efecto, se han estudiado diferentes comportamientos de las abejas, en especial aquellos que afectan el desarrollo poblacional de la varroa.

En la abeja *A. cerana* se han realizado muchos estudios, puesto que es una especie que ha desarrollado varios mecanismos de resistencia hacia el ácaro, debido al tiempo de convivencia entre ellos; *A. mellifera* también presenta algunos de estos, pero en menor frecuencia. <sup>33,61-64</sup> Por lo anterior varroa ocasiona más daños hacia *A. mellifera*; de hecho, la mayoría de colonias en climas templados sucumben por la parasitosis. <sup>32</sup>

Entre los mecanismos de resistencia que se han evaluado en las poblaciones de *A. cerana* y *A. mellifera* <sup>62,66</sup> sobresalen aquellos relacionados con el tiempo de operculado de las celdillas, la atractividad que ejerce la cría y las abejas adultas al ácaro, la infertilidad de varroa, el comportamiento higiénico y de acicalamiento. <sup>65,67</sup>

Uno de los mecanismos de resistencia más estudiados, es el *comportamiento de acicalamiento*, el cual es utilizado por vertebrados y artrópodos como una estrategia para remover los ectoparásitos de su cuerpo.<sup>68,69</sup> Dicho comportamiento, consiste en que las abejas obreras realizan movimientos vigorosos de tórax y abdomen, y se acicalan con sus patas y mandíbulas para liberarse de los ácaros foréticos “auto-acicalamiento”. Si ésta acción no tiene resultado, pueden ejecutar un baile para atraer otras obreras que la acicalen y participen en la remoción del ácaro “alo-acicalamiento”. En muchas ocasiones durante este proceso, las abejas causan lesiones a los ácaros con las mandíbulas y los sacan de la colmena.<sup>34,62, 64,65,70,71</sup>

Se cree que la especialización de este alo-acicalamiento en las abejas tiene un cierto grado de determinación genética, ya que las abejas obreras se acicalan más fácilmente entre hermanas completas que entre las medias hermanas.<sup>72</sup>

También se ha considerado que como resultado del comportamiento de acicalamiento de las abejas, los ácaros caen al piso de las colmenas.<sup>52,69,73</sup> En este sentido, Moritz y Mautz,<sup>71</sup> reportaron niveles bajos de infestación y un gran número de ácaros muertos en colonias de *Apis mellifera capensis*, lo que atribuyeron a un alto comportamiento de acicalamiento. Por lo anterior, algunos estudios han sugerido que este comportamiento contribuye a disminuir la parasitosis en las colonias, ya que se ha observado que existe una correlación negativa, altamente significativa entre el número de ácaros lesionados y el grado de infestación.<sup>74</sup> Esto también fue observado por Arechavaleta y Guzmán-Novoa<sup>75</sup> en México, quienes verificaron que las poblaciones con niveles bajos de infestación presentaron un mayor porcentaje de ácaros con lesiones.



En Estados Unidos de Norteamérica, se determinó que el acicalamiento de las abejas constituye uno de los mecanismos más importantes, para justificar la existencia de colonias resistentes a la varroosis.<sup>76</sup>

### **1.1.3 Evaluación del comportamiento de acicalamiento**

Para el estudio del comportamiento de acicalamiento, algunos autores han utilizado dos métodos de medición, uno directo y otro indirecto.<sup>74,77</sup>

**El método directo**, tiene como fundamento, infestar artificialmente abejas obreras con hembras adultas de varroa. Posterior a la colocación del ácaro sobre el tórax de un determinado número de abejas, las reacciones de éstas, son observadas a través de una colmena de observación, durante un periodo de tiempo previamente establecido.<sup>62,71,78</sup>

Los primeros estudios que emplearon una metodología directa para evaluar el comportamiento de acicalamiento fueron realizados con abejas *A. cerana* y posteriormente se extendieron a la evaluación de colonias de *A. mellifera*. Particularmente Peng *et al.*,<sup>62</sup> realizaron un estudio en China donde colectaron 40 abejas obreras, las cuales fueron identificadas de forma individual mediante una pequeña etiqueta plástica de color. A cada abeja le fue colocada sobre el tórax una varroa, para posteriormente observar las reacciones tanto de la abeja en cuestión como las del grupo de abejas a su alrededor. Como resultado verificaron que las abejas *A. cerana* y las abejas *A. mellifera* removieron en un lapso de 3 a 5 segundos el 22.5% y 16.6% de los ácaros respectivamente. Cabe señalar que a partir de la

proporción de abejas *A. mellifera* que reaccionaron al estímulo sólo el 0.3% pudo eliminar el ácaro sin que éste regresara a su cuerpo.

En Brasil Moretto,<sup>78</sup> al evaluar el comportamiento de acicalamiento, a través de la observación de 50 abejas italianas y 50 abejas africanizadas infestadas artificialmente en 10 y 20 colonias respectivamente, determinó que las abejas de origen africano, fueron más eficientes en remover los ácaros, ya que eliminaron el 38.20% de los ácaros en comparación con el 5.4% de las europeas en un periodo de 30 minutos.

En México Vandame *et al.*,<sup>35</sup> también compararon poblaciones de abejas africanizadas y europeas. A partir de estos estudios, reportaron que el 80% de abejas africanizadas se auto-acicalaron durante los primeros 30 segundos después de colocarles una varroa sobre el tórax, mientras que el 57% de las abejas europeas, presentaron este comportamiento.

Por otra parte, en el Edo. de México, a través de un panal de observación, se evaluó y comparó el tiempo de reacción de 50 abejas africanizadas y 50 europeas tras colocarles individualmente una varroa, 20 mg de harina y un control (toque con el pincel). Como resultado, hubieron diferencias significativas entre los dos genotipos de abejas puesto que las abejas africanizadas realizaron el acicalamiento en un tiempo significativamente menor que las abejas europeas (59.38 segundos y 118.77 segundos respectivamente). Además para agilizar la prueba, los autores recomendaron realizarla durante tres minutos en lugar de cinco.<sup>77</sup>

Los trabajos anteriormente expuestos y otros estudios, demuestran que el comportamiento de acicalamiento tiene un papel muy importante como un mecanismo de resistencia que contribuye a que las abejas africanizadas presenten mayor tolerancia hacia varroa en comparación con las abejas europeas,<sup>79-82</sup> ya que éstas últimas por lo general tendrán mayores niveles de infestación.<sup>83,84</sup>

Sin duda, los métodos basados en la observación directa pueden ofrecer mayor certeza de que el comportamiento de acicalamiento de las abejas contribuye al desprendimiento de los ácaros foréticos y por consiguiente altere la dinámica poblacional de varroa; sin embargo, pueden considerarse métodos laboriosos que requieren entre otras cosas de una manipulación cuidadosa de las abejas a medir, así como tiempo para observarlas individualmente.

**El método indirecto**, consiste en realizar el conteo y análisis individual de los ácaros que caen en trampas colectoras colocadas en el piso de las colmenas.<sup>14,15,85-89</sup> Posteriormente son clasificados de acuerdo con el tipo de lesiones que presentan, mismas que se atribuyen al acicalamiento de las abejas.<sup>80,86,90,91</sup>

Al igual que el método directo, los primeros trabajos que evaluaron el comportamiento de acicalamiento a través de una metodología indirecta están basados en el estudio de *A. cerana*. Tras identificar la proporción de ácaros que presentaron lesiones, fue establecido que esta especie de abeja es más resistente a varroa en comparación con poblaciones de *A. mellifera*.<sup>62,66,68,86,92</sup>

Ruttner y Hanel,<sup>86</sup> examinaron cinco colonias de *A. m. carnica* en Austria y encontraron en promedio que el 26% de los ácaros presentaron más lesiones en las patas en comparación con el idiosoma. El estudio anatómico de las mandíbulas de las abejas demostró que estas estructuras eran las causantes de las mutilaciones en los ácaros.

Por otro lado, en Tunes Boecking y Ritter,<sup>64</sup> revelaron que el acicalamiento medido indirectamente provee evidencia de ser un mecanismo activo de defensa hacia varroa. Esta afirmación se sustentó tan sólo en el examen microscópico de 575 ácaros recolectados de las trampas de piso. A partir de este número de ácaros se detectó que el 19.3% presentaron lesiones tanto en patas como en idiosoma.

Estudios en España verificaron que entre el 50.85% de las varroas presentes en el piso de las colmenas de *A. m. iberica* presentaron algún tipo de daño. El daño más frecuente consistió en la mutilación del primer par de patas (80%), debido a que estas estructuras sobresalen del idiosoma, y que al albergar la mayor parte de los órganos de los sentidos, probablemente conducen a que el ácaro se vea imposibilitado para guiarse dentro de la colmena. En segundo lugar de ocurrencia, estuvo la lesión en el idiosoma (4%) y una combinación de lesiones en patas e idiosoma (19.6%).<sup>93</sup>

Por otro lado en Venezuela, fue evaluado el comportamiento de acicalamiento en abejas africanizadas. A partir de 5810 ácaros recolectados, el 45.6% estuvieron lesionados y de esta proporción, se identificó que el 5.6% de los ácaros presentaron lesiones en el idiosoma y el 94.4% en las extremidades, principalmente en el primer par de patas.<sup>94</sup>

En este sentido, estudios realizados en Veracruz, México con abejas híbridas europeas (AHE) y africanizadas (AHA), demostraron que a partir de 450 ácaros examinados en cada una de las dos razas, el 6% de las varroas colectadas del grupo AHE, presentaron lesiones en patas, mientras que en las AHA esto ocurrió en el 10.2%.<sup>35</sup>

De igual forma estudios realizados en el Estado de México con abejas *Apis mellifera* L. reportan que en promedio recolectaron 186 ácaros de un grupo de 8 colonias con baja infestación de varroa y 386 ácaros de un grupo de 8 colonias con alta infestación, donde el porcentaje de ácaros con lesiones en idiosoma fue de 9.4% y 11.3% respectivamente.<sup>95</sup>

Algunos investigadores han cuestionado la confiabilidad del método indirecto para medir el comportamiento de acicalamiento,<sup>66,96-98</sup> ya que asumen que la caída de ácaros no sólo puede ser causada por el acicalamiento de las abejas, sino por otras razones tales como: la caída accidental al momento de emerger la abeja o bien al pasar el ácaro de una abeja a otra y también por la limpieza de las celdas que contienen varroas adultas muertas o débiles. Además las lesiones pueden ser causadas por hormigas, escarabajos u otros insectos.<sup>77,82,91, 99-102</sup>

Para superar esta problemática, Hoffman<sup>103</sup> y Arechavaleta,<sup>95</sup> utilizaron una técnica en la cual infestaron artificialmente un número determinado de abejas adultas (sin cría) confinadas en una jaula. Al término de un periodo de tiempo recolectaron y examinaron microscópicamente los ácaros; de esta manera aseguraron que dichos parásitos cayeran por efecto de acicalamiento y no como resultado del comportamiento higiénico; además, se eliminó la posibilidad de que otros agentes externos ocasionaran lesiones en ellos.

## **2. Justificación**

Como se ha expuesto, diversos han sido los trabajos en los que se ha estudiado el comportamiento de acicalamiento de las abejas melíferas, sin embargo a la fecha ningún estudio ha determinado la correlación que existe entre las variables de respuesta del método directo e indirecto y por lo tanto la confiabilidad de este último. Por ello, se requiere compararlos a fin de establecer si el método indirecto es válido, de tal manera que pueda seguirse aplicando.

## **3. Objetivo**

1) Estudiar el comportamiento de acicalamiento en colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) a través de una medición directa y una indirecta, estimando el tiempo de reacción de las abejas a la colocación de una varroa sobre el cuerpo y cuantificar el número de ácaros con lesiones respectivamente, 2) Estimar la correlación entre el tiempo de reacción en segundos y total de ácaros lesionados.

## **4. Hipótesis**

Existe una correlación negativa entre el tiempo de reacción en segundos y el total de ácaros lesionados en colonias de abejas (*Apis mellifera* L.).

## **5. Material y métodos**

### **5.1. Lugar de trabajo**

El presente estudio se dividió en dos etapas, en la primera se realizaron todas las actividades de campo y en la segunda los análisis de laboratorio. Los trabajos de campo se llevaron a cabo en las instalaciones del Centro de Mejoramiento Genético, Generación y Transferencia de Tecnología Apícola a cargo del INIFAP y los trabajos de laboratorio se realizaron en el Departamento de Especies no Tradicionales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. El Centro de Mejoramiento Genético se localiza en el Km 29 de la carretera estatal Tenango del Valle-Villa Guerrero, municipio de Villa Guerrero, Estado de México. El municipio se localiza al suroeste del estado, la cabecera y sede del gobierno municipal se localiza a los 18° 57' 36" de latitud norte; y a los 99° 38' 30" de longitud oeste y a una altitud media snm de 2,140 m. El municipio tiene una superficie de 239 Km<sup>2</sup>; al norte colinda con el municipio de Tenango del Valle, Zinacantepec, Toluca y Calimaya, al sur con el municipio de Ixtapan de la Sal, al oeste con el municipio de Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal y Texcaltitlan; al este con el municipio de Zumpahuacan y Tenancingo. Posee un clima templado subhúmedo C(w) con lluvias en verano e invierno con temperatura media anual de 18.8° C con una mínima de 2° C y con una máxima de 24° C, la precipitación pluvial promedio anual es de 1243 mm. <sup>104,105</sup>

## 5.2 Material biológico

Este trabajo se inició con el establecimiento de 71 colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) que se dividieron en 10 grupos diferentes, 8 grupos con 6 colonias cada una y los otros dos 16 y 7 colonias, respectivamente (Cuadro 1). Los grupos se formaron con base en el origen paterno de las colonias que los componen, de tal forma que las colonias se poblaron de la siguiente manera: A partir de reinas madres obtenidas de diferentes criaderos del Estado de México que no tuvieron relación genética entre ellas, se criaron abejas reinas vírgenes. Además fueron adquiridas 10 reinas de libre fecundación procedentes de diferentes criaderos de la república mexicana. A partir de éstas, se criaron zánganos con el fin de obtener semen que fue utilizado para inseminar instrumentalmente a las reinas vírgenes de cada grupo.

Posteriormente, las abejas reinas de los diferentes grupos se identificaron por medio de una placa plástica numerada, pegada sobre el tórax y se introdujeron aleatoriamente en colmenas tipo Jumbo constituidas con tres bastidores que contenían cría abierta (larvas mayores a tres días de edad), cría operculada próxima a emerger, reservas de polen y miel y aproximadamente 2 Kg de abejas obreras.

Las colonias se establecieron aleatoriamente en las inmediaciones del Centro de Mejoramiento Genético, Generación y Transferencia de Tecnología Apícola. Todas las colonias fueron medicadas inicialmente con dos tiras plásticas, cada una de 3.6 mg de flumetrina,<sup>a</sup> permaneciendo dentro de la colmena por nueve semanas, con el fin de

---

<sup>a</sup> Bayvarol ®, Laboratorios Bayer.



disminuir los niveles de infestación de *V. destructor*.<sup>106</sup> Con el fin de prevenir enfermedades de origen bacteriano como lo son loque americana (*Paenobacillus larvae*) y loque europea (*Melissococcus pluton*), también fue aplicado un tratamiento consistente en espolvorear sobre los cabezales de los bastidores de la cámara de cría 25 g de una mezcla constituida por 5.5 g de oxitetraciclina HCl<sup>b</sup> y 400 g de azúcar pulverizada. Asimismo, todas las colonias tuvieron un manejo uniforme consistente en revisiones semanales, durante las cuales les fueron administrados dos litros de jarabe de azúcar (azúcar diluida con agua en proporciones iguales).

Treinta días después de retirar las tiras de flumetrina (tiempo en el que posiblemente los residuos del ingrediente activo disminuyeron), se introdujeron 100 hembras de varroa a cada colmena a través de 50 obreras infestadas, de acuerdo con la metodología descrita por Kraus y Page<sup>107</sup> y Arechavaleta,<sup>95</sup> esto con la finalidad de homologar las cargas parasitarias al inicio de las mediciones. Las 50 abejas obreras de cada colonia fueron introducidas en dos jaulas tipo Benton, que están hechas de madera y están cubiertas con malla de alambre de 2 mm. A través de la malla de alambre de la jaula y con ayuda de un pincel, los ácaros fueron introducidos uno por uno sobre las abejas obreras, para posteriormente ser introducidas y liberadas en su colmena de origen. Los ácaros que sirvieron para infestar a las colonias experimentales, fueron obtenidos aproximadamente de 30 colonias altamente parasitadas. Para recolectarlos se utilizó una cubeta de plástico con capacidad de 20 L, en la cual previamente se colocaron dos envases de plástico rellenos con estopa y cubiertos con tela peyón. A cada envase le fue agregado 40 mL de éter etílico y

---

<sup>b</sup> Terramicina en polvo soluble fórmula animal ®, Laboratorios Pfizer.

posteriormente a la cubeta se le introdujo una canasta fabricada con malla de alambre de 4 mm la cual sirvió como excluidor de abejas. Dentro de la cubeta se sacudieron abejas obreras de las colonias altamente infestadas. Las abejas permanecieron aproximadamente 5 minutos dentro del recipiente cerrado, tiempo suficiente para que los ácaros que estaban sobre el cuerpo de las abejas sufrieran el efecto del anestésico del éter etílico y cayeran al fondo del recipiente, de donde fueron recuperados para ser utilizados en la infestación de las colonias experimentales.

Un mes después, ya homogeneizadas las colonias, dio inicio la evaluación directa e indirecta del comportamiento de acicalamiento.

### **5.3 Evaluación directa del comportamiento de acicalamiento**

Esta evaluación se realizó dos veces (dos meses de diferencia entre mediciones) a través de la observación directa del comportamiento de acicalamiento en 50 abejas obreras de cada una de las colonias de los diferentes grupos experimentales (100 abejas en dos mediciones), conforme lo describe Espinosa *et al.*<sup>77</sup> Para ello, a 70 abejas obtenidas de cada colonia experimental, les fue pegada una placa metálica sobre el tórax con el fin de poderlas sujetar y manipular a través de una antena con punta imantada; una vez sujetas, con ayuda de un pincel se logró colocar un ácaro sobre el cuerpo de cada abeja. Los ácaros se obtuvieron de colonias altamente infestadas.<sup>95</sup>

Para visualizar la reacción individual de las abejas con varroa sobre su cuerpo, se utilizó el panel de observación referido por Espinosa *et al*,<sup>77</sup> mismo que consistió de un marco de madera cubierto con una mica transparente, a la cual se le hicieron dos aberturas centrales (para introducir y retirar a las abejas que se evaluaron) y una abertura lateral de mayor dimensión que permitió proveer ventilación a las abejas (Figura 2). El marco así construido se colocó sobre un panel de plástico (Pierco<sup>®</sup>) (Figura 3), sujetándolo con ligas. El interior del panel de observación contó con una profundidad de 1 cm, espacio suficiente para que las abejas se desplazaran con facilidad; al centro del mismo, se colocó un redondel de malla de alambre de 7.5 cm de diámetro que sirvió para confinar a cada abeja con varroa que fue evaluada así como a seis acompañantes. Fuera del redondel se introdujeron alrededor de 200 abejas para tratar de emular las condiciones más cercanas al ambiente social de una colonia (Figura 4), así como un algodón impregnado con jarabe de azúcar al 50% y una pequeña torta de polen de 10 g.

Cada abeja fue observada durante tres minutos (180 segundos) como máximo, lapso durante el cual se anotó el tiempo en el que se presentó la primera reacción de acicalamiento.

## 5.4 Evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento

El comportamiento de acicalamiento se evaluó indirectamente a través de la cuantificación de ácaros que presentaron daños en patas e idiosoma, estructuras más susceptibles a las mordeduras de las abejas.<sup>65,93</sup> Mensualmente durante un periodo de cinco meses (cinco muestreos), se colocaron trampas en el piso de las colmenas, y dentro de estas se introdujo una lámina galvanizada deslizable para facilitar la recolección de los ácaros caídos. Para evitar que las abejas tuvieran contacto con los ácaros y los dañaran por efecto de la limpieza del piso, las láminas estuvieron protegidas con malla criba de 8 cuadros por pulgada (Figura 5). Las láminas recolectoras permanecieron en las colmenas por un periodo menor a 24 hrs, evitando con esto que los ácaros presentaran lesiones provocadas por resequedad, hormigas, escarabajos u otros depredadores de los *detritus* de las colonias. Las charolas recolectoras fueron retiradas de las colmenas y en campo los ácaros fueron recolectados cuidadosamente con un pincel de cerdas finas y se introdujeron en tubos de microcentrífuga (1.5 ml de capacidad) previamente llenados con alcohol al 70%. Posteriormente en el laboratorio, los ácaros fueron observados en un estéreomicroscopio a 40x y se clasificaron en ácaros normales y en ácaros con lesiones. Los ácaros lesionados a su vez, se catalogaron según la localización de la estructura afectada, por lo que se obtuvieron datos del número de ácaros con daños en: *a)* patas (P), *b)* idiosoma (I), y *c)* la combinación de lesiones en patas e idiosoma (P+I).

## 5.5 Análisis de datos

Los datos obtenidos sobre el tiempo en el cual las abejas reaccionaron al estímulo de colocarles una varroa sobre el cuerpo no presentaron una distribución normal, aún cuando se transformaron, por lo tanto fueron analizados mediante estadística no paramétrica (mediana como medida de tendencia central), utilizando las pruebas de Kruskal-Wallis y la de Dunn.<sup>108</sup>

Por otro lado los datos correspondientes al número de ácaros que presentaron lesiones, fueron transformados siguiendo los criterios de Box y Cox,<sup>109</sup> aplicando la función logaritmo natural bajo la siguiente fórmula:

$$Y_i = \text{Log}_n (X_i + 1) * \lambda$$

Donde:

$Y_i$  = Variable transformada

$X_i$  = Variable bajo distribución original

$\lambda$  = Constante = 4.211018

A partir de los datos transformados, se realizaron análisis de varianza de una y dos vías de clasificación. Asimismo los datos obtenidos a partir de los dos métodos evaluados fueron sometidos a un análisis de correlación por rangos de Spearman ( $r_s$ ).<sup>110</sup>

## **6. Resultados**

En el transcurso de la fase experimental doce colonias se debilitaron al grado de morir, por tal motivo los resultados se presentan con datos de 59 colonias (Cuadro 1).

### **6.1 Evaluación directa del comportamiento de acicalamiento**

La mediana de la primera medición realizada en 2950 abejas fue de 30 segundos, mientras que la mediana de la segunda medición fue de 37 segundos. Se obtuvo una mediana general de 34 segundos cuando se analizaron los datos de 5900 abejas, así mismo se detectaron abejas que reaccionaron desde un segundo hasta 180 segundos (Cuadro 2).

El tiempo de reacción de la primera medición se correlacionó positiva y significativamente con la segunda medición ( $r_s = 0.1502$ ,  $P < 0.01$ ), por tal motivo se consideró el promedio de las dos mediciones para el análisis estadístico de los 10 grupos genéticos.

De las 5900 abejas observadas, 89.15% reaccionaron al estímulo en 180 seg. o menos, mientras que el 10.85% no reaccionaron. De igual forma, el 9.39% de las abejas reaccionaron en 5 segundos o menos y el 68.31% en menos de un minuto (Cuadro 3).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados con la prueba de Kruskal-Wallis (Chi-cuadrada = 43.1215, GL = 9,  $P < 0.0001$ ). El grupo AF02 reaccionó más rápido (mediana = 33.5 seg) en comparación con el grupo R5 que reaccionó más lento (mediana = 54.25 seg) (Figura 6).

## **6.2 Evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento**

Durante este trabajo se recolectaron y examinaron microscópicamente 5089 varroas adultas, que fueron clasificadas en normales y lesionadas. La proporción de ácaros normales fue de 60.48% (3078) y la de dañados 39.52% (2011). Los ácaros en general también fueron clasificados en lesionados por acicalamiento 29.40% (1496) y lesionados por causas ajenas a este comportamiento 10.12% (515) (Cuadro 4).

Con relación a las alteraciones estructurales observadas en las 1496 varroas, se verificó que la proporción de ácaros con lesiones en las patas fue de 89.04% (1332), la de lesiones en idiosoma de 3.27% (49) y la combinación de lesiones en patas e idiosoma 7.69% (115) (Cuadro 5, Figura 7).

El promedio total de ácaros con lesiones atribuibles al acicalamiento obtenido durante toda la etapa experimental en los 10 grupos genéticos fue de  $5.54 \pm 6.51$  D.E. con un rango de 0 hasta 35 ácaros lesionados (Cuadro 6).

El análisis descriptivo de los datos obtenidos en los diez grupos genéticos, se reporta en el cuadro 7. En este se observa que hubo variación dentro de cada grupo, de tal forma que el mayor coeficiente de variación correspondió al grupo VERA (167.19%) y el menor al AF02 (71.38%). En concordancia a lo anterior, el análisis de varianza del número de ácaros lesionados dio como resultado que hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos genéticos evaluados (Cuadro 8) y entre los muestreos realizados (Cuadro 9). El

grupo R47 fue el que obtuvo el mayor promedio de de ácaros con lesiones ( $10.01 \pm 0.99$  E.E.) y el grupo AMA9 el que obtuvo el menor ( $1 \pm 0.19$  E.E.) (Figura 8).

En cuanto a los muestreos se registró que el menor y mayor número de ácaros con lesiones correspondieron a los meses de octubre ( $4.67 \pm 0.91$  E.E.) y enero ( $7.16 \pm 1.18$  E.E.), respectivamente (Figura 9).

No se encontró evidencia estadísticamente significativa de efecto de interacción entre los grupos y los muestreos ( $P > 0.05$ ) para el número de ácaros con lesiones con el análisis de varianza de dos vías de clasificación.

Se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre el total de ácaros recolectados y el total de ácaros que presentaron lesiones ( $r_s = 0.9442$ ,  $P < 0.0001$ ).

### **6.3 Relación entre el número de ácaros lesionados y el tiempo de reacción (seg.) de las abejas a la colocación de una varroa sobre sus cuerpos**

No se encontró correlación entre el número de ácaros que presentaron lesiones atribuibles a acicalamiento y el tiempo en el que las abejas reaccionaron al posicionamiento de una varroa sobre sus cuerpos ( $r_s = - 0.1392$ ,  $P = 0.2930$ ). Tampoco se encontró una correlación significativa entre el tiempo de reacción y el total de ácaros caídos por acicalamiento ( $r_s = - 0.1823$ ,  $P = 0.1669$ ).



## 7. Discusión

### 7.1 Evaluación directa del comportamiento de acicalamiento

Los datos de esta evaluación mostraron que hubo una gran variabilidad en el tiempo de reacción de las abejas al estímulo de la varroa ya que la amplitud de valores obtenidos de 5900 abejas, fue de 179 segundos. Este resultado también coincidió con las amplitudes observadas en cada uno de los grupos analizados, mismas que oscilaron entre 174 a 178 segundos. Por lo tanto, aunado a lo referido por Frumhoff y Schneider,<sup>72</sup> es posible que también en el comportamiento de “auto-acicalamiento”, exista un cierto grado de control genético relacionado con la estructura familiar de la colonia, que determine que algunas abejas obreras reaccionen rápidamente.

Tomando en cuenta los resultados expresados en proporción, se encontró que de 5900 abejas observadas, tan solo 554 (9.39%) reaccionaron en cinco segundos. En este sentido Peng *et al.*,<sup>62</sup> y Moretto *et al.*,<sup>63</sup> reportaron con abejas de origen europeo que el 16.6% y 3% removieron al ácaro en 5 segundos y en 5 minutos respectivamente. Asimismo la mayor parte de las abejas observadas (89%), reaccionaron en menos de 180 segundos, lo cual indica que al incrementar el tiempo de medición, disminuye la proporción de abejas que se acicalan (Cuadro3); esto último también fue registrado por Moretto *et al.*<sup>63</sup> Por lo tanto, para realizar la prueba de una manera más eficiente no es necesario extender el tiempo de observación.<sup>77</sup>

Por otra parte, a pesar de que en el presente trabajo no se determinó el origen racial de las abejas, se detectó que el 45.78% de las abejas reaccionaron al estímulo en un lapso de 29 segundos, lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Vandame *et al.*,<sup>35</sup> quienes en abejas AHE y AHA observaron un 57% y 80% respectivamente de abejas que respondieron al mismo estímulo en un lapso de 30 segundos.

Al evaluar el tiempo de reacción de abejas de diferentes grupos genéticos, se confirmó que este método basado en la visualización del comportamiento de las abejas a través de un panal de observación, fue confiable para discriminar genotipos de lenta y rápida respuesta de acicalamiento, tal y como lo probaron Espinosa *et al.*,<sup>77</sup> y Becerra *et al.*<sup>111</sup> Resultados similares fueron obtenidos por Moretto *et al.*,<sup>63</sup> Aumeier,<sup>69</sup> Vandame *et al.*,<sup>35</sup> quienes evaluaron las reacciones de las abejas en colmenas de observación considerando la variable de respuesta “porcentaje de abejas que removieron al ácaro de su cuerpo”.

## **7.2 Evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento**

A partir de 5089 varroas que fueron examinadas, 39.52% presentaron mutilación de alguna extremidad, así como rupturas y hundimientos del idiosoma, lo cual fue mayor a lo observado en un estudio en México por Espinosa<sup>98</sup> y Correa-Marques *et al.*,<sup>112</sup> quienes reportaron un 33.2 y 34.4% respectivamente. Por otra parte los datos obtenidos en este estudio, difieren a lo observado en el extranjero por Flores *et al.*<sup>93</sup> y Correa-Marques<sup>113</sup> y cercanos a los datos de Rinderer *et al.*<sup>114</sup> quienes reportaron un 50.8, 50.7 y 42% respectivamente.

De acuerdo con Wallner <sup>115</sup> el porcentaje de ácaros lesionados obtenidos en este trabajo se catalogaría como bueno, ya que este autor al estudiar las frecuencias de ácaros lesionados en *A. m. cárnica*, indicó que un porcentaje menor al 30% es considerado bajo; de 40 a 50% bueno; de 50 a 60% muy bueno; de 60 a 69% excelente y mayor al 70% es considerado como un índice susceptible de selección.

El tipo de alteraciones estructurales encontradas en este trabajo, tales como la falta total ó parcial de una ó varias patas, así como mordeduras ó rajaduras del idiosoma, que constituyeron el 29.40%, son daños que de acuerdo con Flores *et al.* <sup>93</sup> Lodesani *et al.* <sup>91</sup> y Correa-Marques y De Jong, <sup>80</sup> están asociados con mecanismos activos de defensa contra varroa.

Aunado a lo anterior, también se observaron ácaros (10.12%) con hundimientos del escudo dorsal del idiosoma y ausencia de apéndices ó escudos ventrales. Generalmente los hundimientos están relacionados con el comportamiento higiénico ó bien a eventos accidentales que comprometen el crecimiento y queratinización de la cutícula del idiosoma, así como a alteraciones bioquímicas ó metabólicas que interfieren en el desarrollo de las estructuras corporales del ácaro, situaciones que en conjunto exponen al escudo dorsal a traumatismos que pudieron ser ocasionados durante el proceso de limpieza de las abejas. <sup>80.</sup>

<sup>91. 93</sup> En cuanto a las alteraciones consistentes en la falta de apéndices y escudos ventrales, (generalmente apenas la presencia de escudo dorsal ó remanentes de ácaros a los cuales se les clasifica como “caparazones”); en este sentido se tiene la hipótesis de que son el resultado de ácaros que permanecieron muertos dentro de las celdillas ó en algún otro lugar del panal y posteriormente cayeron al piso de la colmena. <sup>113</sup>

De acuerdo a la localización específica de las lesiones, se encontró que las patas fueron las estructuras más afectadas (89.04%) seguidas de la combinación de lesiones en patas e idiosoma (7.69%), finalizando con el idiosoma que fue el menos afectado (3.27%). Este mismo orden también fue verificado en tres grupos genéticos evaluados en Brasil,<sup>113</sup> un estudio realizado en España por<sup>93</sup> y en México por Espinosa.<sup>98</sup>

Flores *et al.*<sup>93</sup> y Casanova<sup>94</sup> resaltaron que las patas de los ácaros son las estructuras más vulnerables, ya que observaron que el 80 y 94% respectivamente mostraron lesiones en estas estructuras. Para el caso de las lesiones en el idiosoma (3.27%), los datos se acercan a los valores de Flores *et al.*<sup>93</sup> y Casanova,<sup>94</sup> quienes observaron un 4% y 5.6% respectivamente y contrastan con lo observado por Arechavaleta,<sup>95</sup> quien reporta un promedio de 10.3%. Asimismo, los datos de ácaros con lesiones en patas e idiosoma (7.69%), contrastan con los datos de Boecking y Rttter<sup>64</sup> y Flores *et al.*,<sup>93</sup> quienes observaron un 19.3% y 19.6% respectivamente.

A pesar de que existe mucha discrepancia de algunos autores sobre la metodología de la evaluación indirecta, es importante resaltar que tanto el porcentaje de ácaros lesionados como la proporción de daños detectados en las diferentes estructuras observadas en este trabajo, representan la evidencia de que existe un mecanismo de defensa de las abejas hacia la varroa. Además se observó que conforme se incrementó el número de varroas recolectadas del piso de las colmenas, se identificó un aumento en el número de varroas lesionadas ( $r_s = 0.9442$ ,  $P < 0.0001$ ), confirmando así que, que las abejas pudieran estar reaccionando al posicionamiento del ácaro sobre su cuerpo. No obstante, no se puede afirmar ó concluir que dicho comportamiento afecte de forma negativa y significativa los

niveles de infestación, ya que estos indicadores no fueron estimados en el presente trabajo, por lo que se sugiere realizar una correlación entre ambas variables dentro de las condiciones normales de la colonia.

En este trabajo se observó que hubo una alta variación y diferencias significativas entre grupos evaluados y también entre muestreos realizados en cuanto al número de ácaros lesionados (atribuibles al comportamiento de acicalamiento). El grupo R47 lesionó 10 veces más varroas que el grupo AMA9 (Cuadro 7); esto indica que es probable que existan efectos genéticos y/o medio ambientales que induzcan a las abejas a remover y lesionar a los ácaros que perciben sobre su cuerpo. En este aspecto, Arechavaleta <sup>95</sup> encontró diferencias significativas entre grupos, lo cual le permitió manifestar la existencia de variación genotípica para el comportamiento de acicalamiento evaluado de forma indirecta. Por otro lado Correa-Marques, <sup>113</sup> también verificó diferencias significativas entre tres grupos genéticos evaluados, lo que dio lugar a concluir que existieron genotipos que mostraron mayor eficiencia en el comportamiento de acicalamiento.

El hecho de haber encontrado una diferencia significativa entre grupos, confirma la capacidad del método indirecto para discriminar colonias con alta y baja capacidad de ocasionar lesiones al ácaro.

### **7.3 Relación entre el número de ácaros lesionados y el tiempo de reacción (seg.) de las abejas, a la colocación de una varroa sobre sus cuerpos**

De acuerdo a los resultados obtenidos no se encontraron correlaciones significativas entre el número total de ácaros lesionados y el tiempo de reacción de las abejas y entre el tiempo de reacción y el número total de ácaros caídos por acicalamiento, lo cual significa que el método directo y el indirecto miden de manera independiente el comportamiento de acicalamiento de las abejas, por lo tanto ambos métodos son insustituibles.

La falta de relación pudo deberse a que medir el tiempo de reacción no involucra necesariamente la remoción de varroa, por ello se confirma la necesidad de analizar cuál de los dos métodos mide y explica mejor el efecto del comportamiento de acicalamiento sobre los niveles de infestación de las colonias.

## 8. Conclusiones

Con base a los resultados de este trabajo, podemos concluir que:

- 1) Las abejas *Apis mellifera* L. presentan un comportamiento de defensa activo contra *Varroa destructor* A., lo cual fue demostrado por el tiempo de reacción ante el ácaro sobre sus cuerpos y por el porcentaje de ácaros recolectados con alteraciones estructurales.
- 2) La utilización del método directo es confiable para discriminar genotipos de lenta y rápida respuesta de acicalamiento y no requiere un lapso de observación mayor a tres minutos.
- 3) En cuanto a las lesiones específicas de los ácaros, las patas a diferencia del idiosoma, fueron las estructuras más afectadas. La utilización del método indirecto fue confiable para discriminar genotipos con alta y baja capacidad de ocasionar lesiones al ácaro.
- 4) El método directo e indirecto, miden variables diferentes del comportamiento de acicalamiento, en consecuencia, se requiere aplicar ambos métodos para evaluar este comportamiento en tanto no se determine cual de las dos variables se correlacionan negativa y significativamente con los niveles de infestación en las abejas.

## 9. Literatura Citada

1. Guzmán-Novoa E. La apicultura en México y Centro América. Memorias del V Congreso Iberoamericano de Apicultura; 1996; Mercedes Uruguay. Uruguay, 1996:14-17.
2. Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Apicultura básica. México (DF):SAGARPA, 2001.
3. Labougle JM, Zozaya RJA. La apicultura en México. Ciencia y Desarrollo CONACYT 1986;12(69):17-36.
4. Becerra GFJ. La importancia de la apicultura en México. Imagen Veterinaria 2004;4(1):10-15.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). FAOSTAT, 2004. [citado marzo 2005]. disponible en: URL: <http://faostat.fao.org/?language=EN>
6. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Centro de Estadística Agropecuaria. Situación actual y perspectiva de la producción apícola. 2ª ed. México (DF):SAGAR, 2000.
7. Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Polinización de cultivos. México (DF):SAGARPA, 2001.
8. Cajero AS. Logros y acciones del Programa Nacional Para el Control de la Abeja Africana. Memorias del IX Seminario Americano de Apicultura; 1995 agosto 24-26; Colima (Colima) México. México (DF): Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 1995:5.
9. Beetsma J. The varroa mite, a devastating parasite of western honeybees and economic threat to beekeeping. Outlook on Agriculture 1994;23:169-175.



10. Anderson DL, Trueman JWH. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Exp Appl Acarol* 2000;24:165-189.
11. Glen RN. Status report on *Varroa jacobsoni*. *Am Bee J* 1988:106-111.
12. Orantes BFJ. Acrofauna de las colmenas en España. *Vida Apícola* 2002;15:1-6.
13. Koeniger G, Koeniger N, Anderson DL, Lecprayoon C, Tingek S. Mites from debris and sealed brood cells of *Apis dorsata* colonies in Sabah (Borneo) Malaysia, including a new haplotype of *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* 2002;33(1):15-24.
14. Ritter W. Varroa disease of the honeybee *Apis mellifera*. *Bee World* 1981;62:153-159.
15. De Jong D, Morse RA, Eickwort CG. Mite pests of honey bees. *Ann Rev Entomol* 1982;27: 229-252.
16. Organización mundial de sanidad animal (OIE). Información sanitaria mundial 2004 [Handistatus] versión 2.0 *on line* [citado Mar 2005]. disponible en: URL: <http://www.oie.int/hs2/report.asp>
17. Anderson DL. Variation in the parasitic bee mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 2000;31:281-292.
18. Martin SJ, Kriger P. Reproduction of *Varroa destructor* in South African honey bees: does cell space influence Varroa male survivorship?. *Apidologie* 2002;33:51-61
19. Chihu AD, Rojas ALM, Rodríguez DRS. Presencia en Veracruz, México del ácaro *Varroa jacobsoni*, causante de la varroosis de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). *Téc Pecu Méx* 1992;30:133.

20. Rodríguez DSR, Moro MJ, Otero CG. *Varroa* found in México. *Am Bee J* 1992;132(11):728-729.
21. Arechavaleta VM, Guzmán-Novoa E. Producción de miel de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con flavulinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle Bravo Estado de México. *Vet Méx* 2000;31(4):381-384.
22. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) Anuarios Estadísticos. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera 2003. [citado Nov 2004]. Disponible en: URL: [http://www.siea.sagarpa.gob.mx/ar\\_comanuapec.html](http://www.siea.sagarpa.gob.mx/ar_comanuapec.html)
23. De Jong D, De Jong PH, Gonçalves LS. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *J Apic Res* 1982;21(3):165-167.
24. Duay P, De Jong D, Engels W. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie* 2003;34(1):61-65.
25. De Jong D, De Jong PH. Longevity of Africanized honey bee (Hymenoptera:Apidae) infested by *Varroa jacobsoni* (Parasitiformes:Varroidae). *J Econ Entomol* 1983;76:766-768.
26. Ball BV. Host-parasite pathogens interactions. In: Mathenson A, editors. *New perspectives on varroa*. Cardiff UK: International Bee Research Association Press, 1994:5-11.
27. Martin SJ. The role of *Varroa* and viral pathogens in the collapse of honey bee colonies: a modeling approach. *J Appl Ecol* 2001;38:1082-1093.

28. Al Ghamdi A, Hoopingarner R. Model of the mite *Varroa jacobsoni* and honey bees *Apis mellifera*. Proceedings of the American Bee Research Conference; 1995 sep 23-25; Georgia, Athens. Athens:Georgia Center for Continuing Education 1995.
29. Harris JW, Rinderer TE. Varroa resistance of hybrid ARS russian honey bees. Am Bee J 2004;144(10):797-800.
30. Fries I, Camazine S, Sneyd J. Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: A model and a review. Bee World 1994;75:5-28.
31. De Jong D. Current knowledge and open questions concerning reproduction in the honey bee mite *Varroa jacobsoni*. In: Ad. Invert. Reprod. Engels W, editor. BC:Elsevier science,1984: 547-555.
32. De Jong D. Mites varroa and other parasite of brood. In: Morse RA, editor. Honey bee pests, predators and diseases. 3° ed. USA:The A.I. Root Company, 1997.
33. Cobey S. Lawrence T. Varroa mite: potential methods of control. Am Bee J 1988;128(16):112-117.
34. Moritz R. Selection for varroatosis resistance in honeybees. Parasitology Today 1994;10(6):236-238.
35. Vandame R, Morand S, Colin M, Belzunces LP. Parasitism in the social bee *Apis mellifera*: quantifying costs and benefits of behavioral resistance to *Varroa destructor* mites. Apidologie 2002;33:433-445.
36. Slabezki Y, Gal H, Lensky Y. The effect of flavulinate application in bee colonies on population leveles of *Varroa jacobsoni* and honey bees (*Apis mellifera* L.) and residues in honey and wax. Bee Science 1991;1:189-195.

37. Liu TP. Fluvalinate and its after-effects. *Am Bee J* 1992;132:398.
38. Floris I, Satta A, Garau VL, Melis M, Cabras P, Aloul N. Effectiveness, persistence and residue of amitraz plastic strips in the apiary control of *Varroa destructor*. *Apidologie* 2001;32(6):577-585.
39. Waliszewski SM, Infanzon RM, Carvajal O, Hart MM. Removing tau-flavulinate residues from press-extracted honey. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2003;83(12):1225-1227.
40. Tsigouri AD, Menkissoglu SU, Thrasyvoulou A, Diamantidis G. Fluvalinate residues in honey and beeswax after different colony treatments. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2004;72(5):975-982.
41. Bogdanov S. Beeswax: quality issues today. *Bee World* 2004;85(3): 43-50.
42. Lodesani M, Pellacani A, Bergomi S, Carpana E, Rabitti T, Lasagni P. Residue determination from some products used against varroa infestations in bees. *Apidologie* 1992;23:257-272.
43. Wallner K. Diffusion of active varroacide constituents from beeswax into honey. *Apidologie* 1992;23:387-389.
44. Wallner K. A method for determination of varroacide residues in beeswax. *Apidologie* 1993;24:502-503.
45. De Felipe H, Guzmán C, Vandame R. Control alternativo de varroa con ácidos orgánicos y timol: investigación y capacitación en el estado de Veracruz. *Memorias del XIII Seminario Americano de Apicultura*; 1999 agosto 26-28; Morelia (Michoacán) México. México (DF):Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas 1999.

46. Bailey L. Honey bee pathology. New York:Academic press, 1981.
47. Doreste SE. Acarología. 2<sup>nd</sup> ed. San José Costa Rica: IICA; 1988.
48. Delfinado-Baker M. The nymphal stages and male of *Varroa jacobsoni* Oudemans a parasite of honey bees. International Journal of Acarology 1984;10(2):75-80.
49. Huttinger EH, Pechhacker D, Sulimanovic D, Tomac I. Spread of *Varroa jacobsoni* from one colony to another. Apiacta 1981;26:71-76.
50. Kraus B, Koeniger N, Fuchs S. Unterscheidung zwischen Bienen Verschiedenen Alters durch *Varroa jacobsoni* Oud. und Bevorzugung von Ammenbienen und Sommerbienen. Apidologie 1986;17:257-266.
51. Grobov O. Varroosis in bees. In: from varroosis, a honey bee disease. APIMONDIA, editors. Bucarest Romania, 1977:46-70.
52. Rath W. Investigations on the parasitic mites *Varroa jacobsoni* Oud. and *Tropilaelaps clareae* Delfinado & Baker and their host *Apis cerana* Fabr., *Apis dorsata* Fabr. and *Apis mellifera* L. (PhD thesis). Bonn Germany: Naturwissenschaften, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, 1991.
53. Fuchs S. Preference for drone brood cell by *Varroa jacobsoni* Oud in colonies of *Apis mellifera carnica*. Apidologie 1990;21:193-199.
54. William R, Gard W. Developmental phases in the life cycle of *Varroa jacobsoni*, and ectoparasitic mite on honey bee. Bee World 1986;67:92-97.
55. Infantidis MD. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* in worker and drone honey bee brood cells. J Apic Res 1983;22(3):200-2006.

56. Martin SJ. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Exp Appl Acarol* 1994;18:87-100.
57. Martin SJ. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Exp Appl Acarol* 1995;19:199-210.
58. Steiner J, Dittman F, Rosencrantz P, Engels W. The first genocycle of the parasitic mite (*Varroa jacobsoni*) in relation to preimaginal development of its host, the honey bee (*Apis mellifera carnica*). *Invertebrate Reproduction and Development* 1994;25:175-183.
59. Schulz AE. Reproduction and population dynamics of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. in correlation with the brood cycle of *Apis mellifera*. *Apidologie* 1984;5:401-419.
60. Adam B. The honey bee tracheal mite fact and fiction. *Am Bee J* 1987;127(1):36-38.
61. Romero-Vera C, Otero-Colina G. Effect of single and successive infestation of *Varroa destructor* and *Acarapis woodi* on the longevity of worker honey bees *Apis mellifera*. *Am Bee J* 2002;142 (1): 54-57.
62. Peng YS, Fang Y, Xu S, Ge L. The resistance mechanism of the Asian honey bee, *Apis cerana* Fabr., to an ectoparasite mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. *Journal Invertebrate Pathology* 1987;49: 54-60.
63. Moretto G, Gonçalves LS, De Jong D. Heritability of Africanized and European honey bee defensive behavior against the mite *Varroa jacobsoni*. *Brazil Journal Genetics* 1993;16:71-77.
64. Boecking O, Ritter W. Grooming and removal behavior of *Apis mellifera intermissa* in Tunisia against *Varroa jacobsoni*. *J Apic Res* 1993;33:127-134.

65. Flores JM, Ruiz JA, Ruz JM, Puerta F, Campano F, Padilla F, *et al.* El fenómeno de la resistencia natural a la varroosis. *Vida Apícola* 1995;74: 44-51.
66. Fries I, Huatzhen S, Shi W, Jin H. Grooming behavior and damaged mites (*Varroa jacobsoni*) in *Apis cerana* and *Apis mellifera ligustica*. *Apidologie* 1996;27:3-11.
67. Woyke J. Breeding of honey bees resistant to *Varroa jacobsoni*. *Am Bee J* 1989;129:21-23.
68. Delfinado-Baker M, Rath W, Boecking O. Phoretic bee mites and honeybee grooming behavior. *Inter J Acarol* 1992;18(4):315-322.
69. Aumeier P. Bioassay for grooming effectiveness towards *Varroa destructor* mites in Africanized and Carniolan honey bees. *Apidologie* 2001;32:81-90.
70. Winston ML, Punnett EN. Factors determining temporal division of labor in honeybees. *Can. J. Zool.* 1982;60:2947-2952.
71. Moritz R, Mautz D. Development of *Varroa jacobsoni* in colonies of *Apis mellifera capensis* and *Apis mellifera carnica*. *Apidologie* 1990;21: 53-56.
72. Frumhoff PC, Schneider S. The social consequents of honey bee poliandry: the effects of kinship on worker interaction within colonies. *Animal Behavior* 1987;35:255-262.
73. Rath W, Delfinado-Baker M. Analysis of *Tropilaleaps clareae* populations collected from the debris of *Apis dorsata* and *Apis mellifera*. *Memorias del Simposium Internacional de Patología Apícola; Bélgica* 1991.
74. Moosbeckhofer R. beobachtungen zum auftreten beschädigter varroamilben im natürlichen totenfall bei völkern vom *Apis mellifera carnica*. *Apidologie* 1992;23:523-531.

75. Arechavaleta VM, Guzmán-Novoa E. Relative effect on four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Apidologie* 2001;32:157-174.
76. Harbo JR, Hoopinger R. Resistance to varroa expressed by honey bees in the USA. Proceedings of the American Bee Research Conference; 1995 sep 23-25; Georgia, Athens. Athens: Georgia Center for Continuing Education 1995.
77. Espinosa MLG, Guzman-Novoa E, Sánchez AA, Leyva MN, Uribe RJ, Prieto MD. Determinación de la confiabilidad de un método directo para diferenciar el comportamiento de acicalamiento entre abejas de diferente genotipo. Memorias del 11° Congreso de Actualización Apícola; 2004; Monterrey (Nuevo León) México. México (DF): Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, 2004:79-86.
78. Moretto G. Mecanismos de defesa de operarias de *Apis mellifera* a varroatose e a taxa de reproducao do acaro *Varroa jacobsoni*. Memorias del X Congreso brasileño de Apicultura; 1994 agosto 14-18; Pousada (Rio Quente) Brasil. Brasil, 1994:199-203.
79. Garcia MM. A comparative study of Africanized and European honeybee colonies (*A. mellifera* L.) infested by the mite *Varroa jacobsoni* O. in central México (master degree thesis), Wales USA: School of Pure and Applied Biology, University Wales Cardiff U.K. 1994.
80. Correa-Marques, De Jong D. Estudo da resistencia a varroatose em abelhas *Apis mellifera* no Brazil. Memorias del V congreso Iberoamericano de Apicultura; 1996; Mercedes Uruguay. Uruguay, 1996:146-147.
81. Moretto G, Goncalves L, De Jong D. Africanized bees are more efficient at removing *Varroa jacobsoni*. *Am Bee J* 1991:131-134.



82. Moretto G. Mortality of *Varroa destructor* in broodless africanized and carnica honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Interciencia* 2002;27(12):1-7.
83. Guzmán-Novoa E, Sánchez A, Page RE, García T. Susceptibility of European and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) and the hybrids to *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 1996;27: 97-103.
84. Moretto G, Mello LJ. *Varroa jacobsoni* infestation of adult Africanized and Italian honeybees (*Apis mellifera*) in mixed colonies in Brazil. *Gen Mol Biol* 1999;22:121-123.
85. Fries I, Aarhus A, Hansen H, Korpela S. Comparison of diagnostic methods for detection of low infestation levels of *Varroa jacobsoni* in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Exp Appl Acarol* 1991;10:279-287.
86. Ruttner F, Hanel H. Active defense against varroa mites in a Carniolan strain of honey bee (*Apis mellifera carnica* Pollman). *Apidologie* 1992;23:173-187.
87. Sammataro D. Mechanisms of bee resistance/tolerance to varroa mites. *Am Bee J* 1996;136(2):567-568.
88. Calderone N. Evaluating subsampling methods for estimating numbers of *Varroa jacobsoni* mites (acari:Varroidae) collected on sticky boards. *J Econ Entom* 1999;92(5):1057-1061.
89. Calderone N, Lin S. Rapid determination of the numbers of *Varroa destructor*, a parasitic mite of the honey bee, *Apis mellifera*, on sticky-board collection devices. *Apidologie* 2003;34:11-17.
90. Calatayud F, Verdu M. Cómputo de ácaros en los *detritus* de la colmena. *Vida Apícola* 1995;69:41-45.

91. Lodesani M, Vecchi MA, Tommasini S, Bligiardi M. A study on different kinds of damage to *Varroa jacobsoni* in *Apis mellifera ligustica* colonies. *J Apic Res* 1996;35(2):49-56.
92. Boecking O, Rath W, Drescher W. Grooming and removal behavior: strategies of *Apis mellifera* and *Apis cerana* bees against *Varroa jacobsoni*. *Am Bee J* 1993;133:117-119.
93. Flores JM, Ruiz JA, Ruz JM, Puerta F, Campano F, Padilla F, *et al.* El grooming en *Apis mellifera iberica* frente a *Varroa jacobsoni* Oud. *Arch Zootec* 1998;47(178):213-218.
94. Casanova O. Daños causados a *Varroa jacobsoni* (acari:dermanicidae) por comportamiento "grooming" de abejas africanizadas (Hymenoptera:Apidae). Memorias del X Congreso Venezolano de Zootecnia; 2000 noviembre 29-30; Guanare (Portuguesa) Venezuela. Venezuela: Asociación Venezolana de Producción Animal, 2000.
95. Arechavaleta VMA. Variación genética en la resistencia de las abejas *Apis mellifera* L. al parásito *Varroa jacobsoni* O. e impacto relativo de los mecanismos que les confieren esa resistencia (tesis de Maestría en Producción Animal). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1998.
96. Boecking O, Spivak M. Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 1999;30:141-158.
97. Rosenkranz P, Fries I, Boecking O, Stumer M. Damaged *Varroa* mites in the debris of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies with and without hatching brood. *Apidologie* 1997;28:427-437.
98. Espinosa MLG. Estudio de tres factores asociados con la tolerancia al ácaro *Varroa jacobsoni* Oud. En colonias de abejas africanizadas *Apis mellifera* L. en Yucatán, México (tesis de Maestría). Yucatán México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UADY, 1998.

99. Tibor IS, Walker TCR. Damages to dead to *Varroa jacobsoni* caused by the larvae of *Galleria mellonella*. *Am Bee J* 1995;135(6):421-422.
100. Tibor IS, Walker TCR, Mueller E. Grooming behavior as a varroa resistance characteristic in honey bee colonies. *Am Bee J* 1996;136(7):515-517.
101. Guzmán-Novoa E, Vandame R, Arechavaleta ME. Susceptibility of European and Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in México. *Apidologie* 1999;30:173-182.
102. Harbo JR, Harris JW. Selecting honey bees for resistance to *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* 1999;30:183-196.
103. Hoffman S. The occurrence of damaged mites in cage test and under field conditions in hybrids of different carniolan lines. *Apidologie* 1993;24:493-495.
104. Rodolfo GG. Enciclopedia de los municipios de México. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de México 2001 [citado Enero 2005]. Disponible en: URL: [http:// www. e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/ mexico/mpios/ 15113a.htm](http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15113a.htm)
105. Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática (INEGI) 2005 [citado Enero 2005]. Disponible en: URL: [http:// www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)
106. De Ruijter A, Van den Eijande J. Field Experiment to determine the efficacy of apistan on varroa mites in bee colonies and the effect on spring development of treated colonies. In present status of varroa mites in Europe and progress in the varroa mite control. Cavalloro R, editor. Officer for Official publications of the European Communities. Brussels-Luxembourg, 1989:331-333.

107. Kraus B, Page RE. Population growth of *Varroa jacobsoni* Oud. In Mediterranean climates of California. *Apidologie* 1995;26:149-157.
108. Glantz SA. Primer of biostatistics. 5<sup>th</sup> ed. New York: Mc Graw-Hill, 2002.
109. Zar JH. Data transformations. In: *Bioestatistical Analysis*. New Jersey:Prentice Hall, 1996:277-284.
110. Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical Methods*. 8<sup>a</sup> ed. USA: Iowa State University Press, 1991.
111. Becerra GFJ, Arechavaleta VE, Guzman-Novoa E, Vázquez SM, Uribe RJL. Efectos genéticos en el comportamiento de acicalamiento de abejas (*Apis mellifera* L.) europeas, africanizadas y sus híbridos. *Memorias del XII Congreso Internacional de Actualización Apícola*; 2005 mayo 25-27; Tepic (Nayarit) México. México (DF):Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, 2005:25-30.
112. Correa-Marques MH, Medina ML, Espinosa ML, De Jong D, Echazarreta GC. Estudio de los ácaros con daños y grados de infestación en colonias de abejas africanizadas (*A. mellifera* L.) en Yucatán, México. *Memorias del VI congreso Iberoamericano de apicultura, XII Seminario Americano de Apicultura*; 1998 agosto 17-21; Mérida (Yucatán) México. México: Unión Nacional de Apicultores, 1998.
113. Correa-Marques. Aspectos da resistencia da abelha *Apis mellifera* ao ácaro *Varroa jacobsoni* no Brasil (Dissertacao de mestrado em ciencias-área: Entomología). Riberao (Preto-USP) Brasil: Faculdade de filosofia, ciencias e letras, 1996.
114. Rinderer TE, De Guzman LI, Delatte GT, Stelzer JA, Lancaster VA, Kuznetsov V, *et al*. Resistance to the parasitic mite *Varroa destructor* in honey bees from far-eastern Russia. *Apidologie* 2001;32:381-394.
115. Wallner A. Der Varroakillerfactor. *Dtsch Bienen J* 1994; 7:372-374.

## **10. Cuadros y Figuras**

**Cuadro 1**

**NÚMERO DE COLONIAS EN LOS DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS**

<b>Grupo</b>		<b>Número de colonias</b>		
		<b>Iniciales</b>	<b>Muertas</b>	<b>Finales</b>
1	AF02	6	1	5
2	VERD7	6	2	4
3	VERA	7	0	7
4	CARN	6	1	5
5	CORD	6	1	5
6	SANT	6	1	5
7	EE	6	1	5
8	R47	16	0	16
9	R5	6	3	3
10	AMA9	6	2	4
	<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>12</b>	<b>59</b>

**Cuadro 2**

**TIEMPO DE REACCIÓN AL ESTÍMULO DE COLOCAR UNA VARROA SOBRE EL CUERPO DE LA ABEJA**

	<b>Medición 1 (seg.)</b>	<b>Medición 2 (seg.)</b>	<b>Medición Global</b>
Mediana	30	37	34
Valor máximo	180	180	180
Valor mínimo	1	1	1
n	2950	2950	5900

**Cuadro 3**

**TIEMPOS DE REACCIÓN AL ESTÍMULO DE UNA VARROA  
COLOCADA SOBRE EL CUERPO DE LAS ABEJAS**

Clase (seg)	Frecuencia Absoluta (No.abejas)	Frecuencia Relativa (%)	Frecuencia Acumulada (%)
5	554	9.39	9.39
9	425	7.2	16.59
14	536	9.08	25.68
19	456	7.72	33.41
24	372	6.3	39.71
29	358	6.06	45.78
34	300	5.08	50.86
39	247	4.18	55.05
44	230	3.89	58.95
49	211	3.57	62.53
54	188	3.18	65.71
59	153	2.59	68.31
64	132	2.23	70.54
69	109	1.84	72.39
74	105	1.77	74.17
79	102	1.72	75.9
84	81	1.37	77.27
89	73	1.23	78.51
94	82	1.38	79.9
99	59	1	80.9
104	54	0.91	81.81
109	46	0.77	82.59
114	37	0.62	83.22
119	34	0.57	83.8
124	44	0.74	84.54
129	27	0.45	85
134	38	0.64	85.64
139	39	0.66	86.31
144	36	0.61	86.92
149	27	0.45	87.37
154	18	0.3	87.68
159	17	0.28	87.97
164	22	0.37	88.34
169	18	0.3	88.64
174	15	0.25	88.9
179	15	0.25	89.15
184	640	10.84	100
y mayor...	0	100	100
	5900		



---

**Cuadro 4**

**CLASIFICACIÓN DE LAS VARROAS EXAMINADAS**

---

<b>Sin lesiones</b>	<b>3078</b>	<b>60.48%</b>
<b>Lesiones por acicalamiento</b>	<b>1496</b>	<b>29.40%</b>
<b>Lesiones ajenas al acicalamiento</b>	<b>515</b>	<b>10.12%</b>
<b>Total de varroas examinadas</b>	<b>5089</b>	<b>100%</b>

Cuadro 5

CLASIFICACIÓN DE LESIONES ENCONTRADAS EN LOS ÁCAROS DE 10 GRUPOS GENÉTICOS  
EVALUADOS

Grupo	Número de ácaros con lesiones en:			Total de ácaros lesionados por acicalamiento
	Patas	Idiosoma	Patas e Idiosoma	
AF02	139	11	14	164
VERD7	86	0	4	90
VERA	87	3	4	94
CARN	50	2	4	56
CORD	107	0	9	116
STA	116	3	12	131
EE	75	2	11	88
R47	629	27	55	711
R5	25	1	2	28
AMA9	18	0	0	18
Total	1332	49	115	1496
%	89.04	3.27	7.69	100

---

**Cuadro 6**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL NÚMERO DE ÁCAROS CON LESIONES ATRIBUIBLES AL ACICALAMIENTO DE LAS ABEJAS, OBTENIDOS DURANTE TODA LA ETAPA EXPERIMENTAL**

---

<b>Mediciones</b>	<b>Valor</b>
Media	5.54
Desviación estándar	6.51
Error estándar	0.39
Valor máximo	35
Valor mínimo	0
Coefficiente de Variación	117%

---

n = 270 observaciones.

Cuadro 7

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL NÚMERO DE ÁCAROS CON LESIONES ATRIBUIBLES AL ACICALAMIENTO EN 10 GRUPOS GENÉTICOS EVALUADOS

Grupo	n	Media	Mínimos	Máximos	D. E.	CV (%)
AF02	24	6,83	0	20	4,87	71,38
VERD7	18	5	0	34	8,36	132,39
VERA	34	2,76	0	14	3,66	167,19
CARN	22	2,14	0	10	2,84	111,59
CORD	25	4,64	0	18	4,6	99,32
STA	26	5,03	0	16	5	99,39
EE	19	4,63	0	17	4,83	104,39
R47	71	10,01	0	35	8,4	83,93
R5	13	2,15	1	77	0,5	82,28
AMA9	18	1	0	3	0,84	84,01

**Cuadro 8**

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NÚMERO TOTAL DE ÁCAROS CON LESIONES, DE LOS GRUPOS GENÉTICOS EVALUADOS DURANTE TODA LA ETAPA EXPERIMENTAL**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Entre grupos</b>	9	1048.15	116.46	9.09	<0.0001
<b>Error</b>	260	3330.44	12.81		
<b>Total</b>	269	4378.60			

\* Datos transformados con logaritmo natural (n = 270).

**Cuadro 9**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DEL NÚMERO PROMEDIO DE ÁCAROS LESIONADOS DURANTE CINCO MUESTREOS MENSUALES**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Entre mediciones</b>	4	185.52	46.38	2.93	0.0213
<b>Error</b>	265	4193.08	15.82		
<b>Total</b>	269	4378.60			

\* Datos transformados mediante logaritmo natural (n = 270).

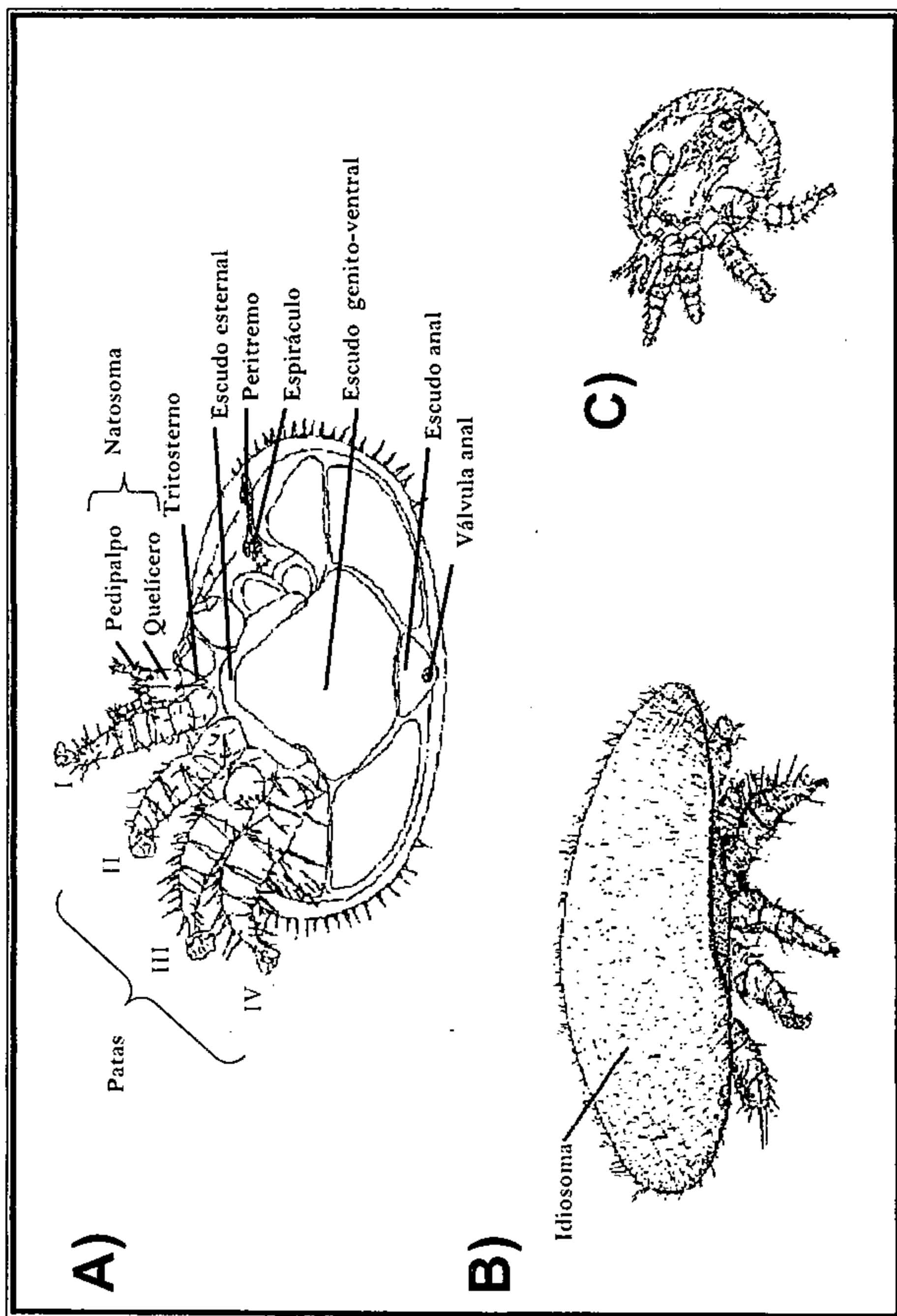


Figura 1. Esquema de una hembra adulta vista (A) ventralmente, (B) dorsalmente, y (C) macho, de *Varroa destructor* (Tomado de Ritter<sup>14</sup> y modificado por Rodrigo Medellín).

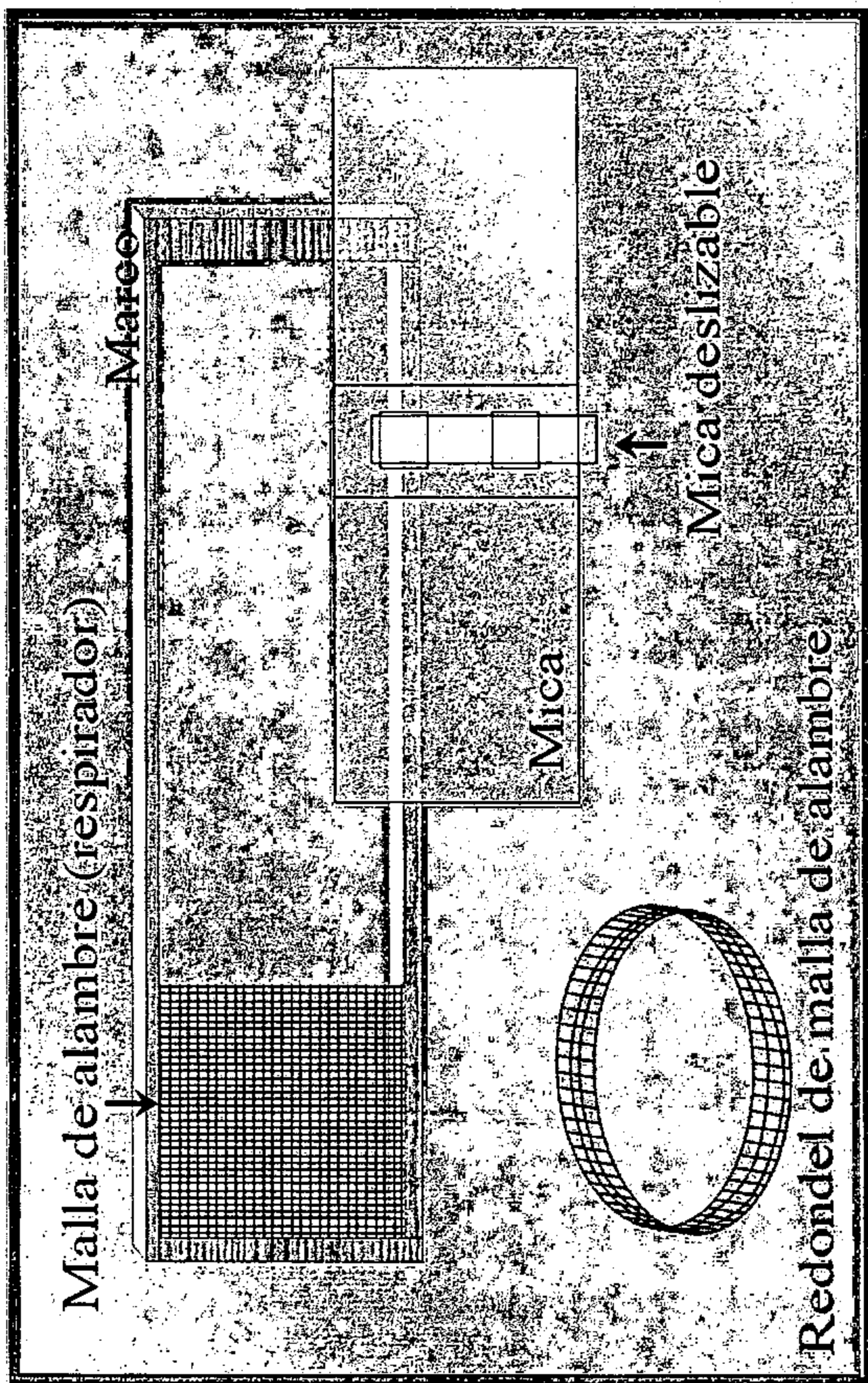


Figura 2. Esquema de las diferentes partes que conforman el marco de madera utilizado con el bastidor de plástico (Elaborado por Rodrigo Medellín).



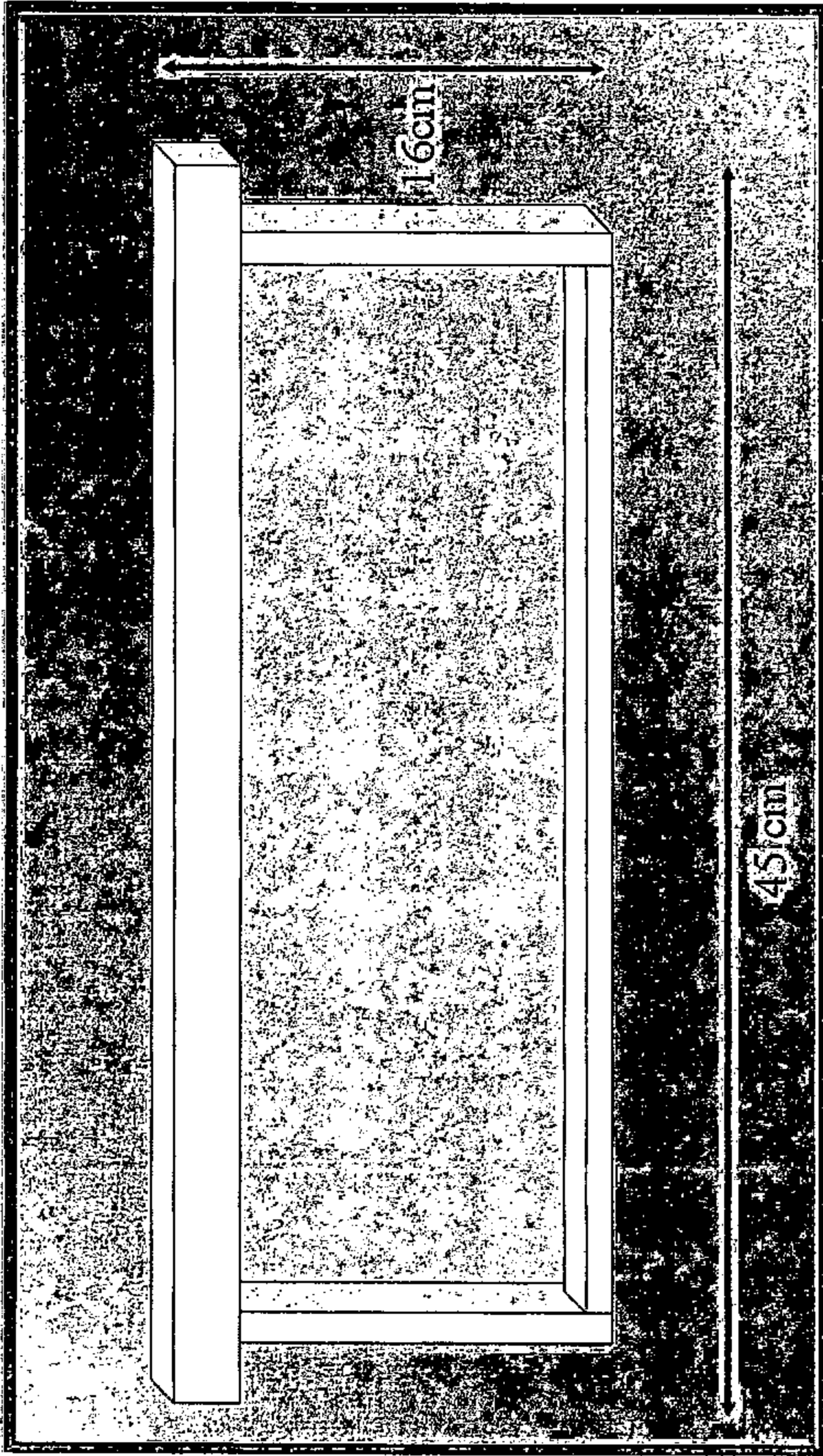


Figura 3. Esquema del bastidor de plástico pierce<sup>®</sup> utilizado para la evaluación directa del comportamiento de acicalamiento (Elaborado por Rodrigo Medellín).

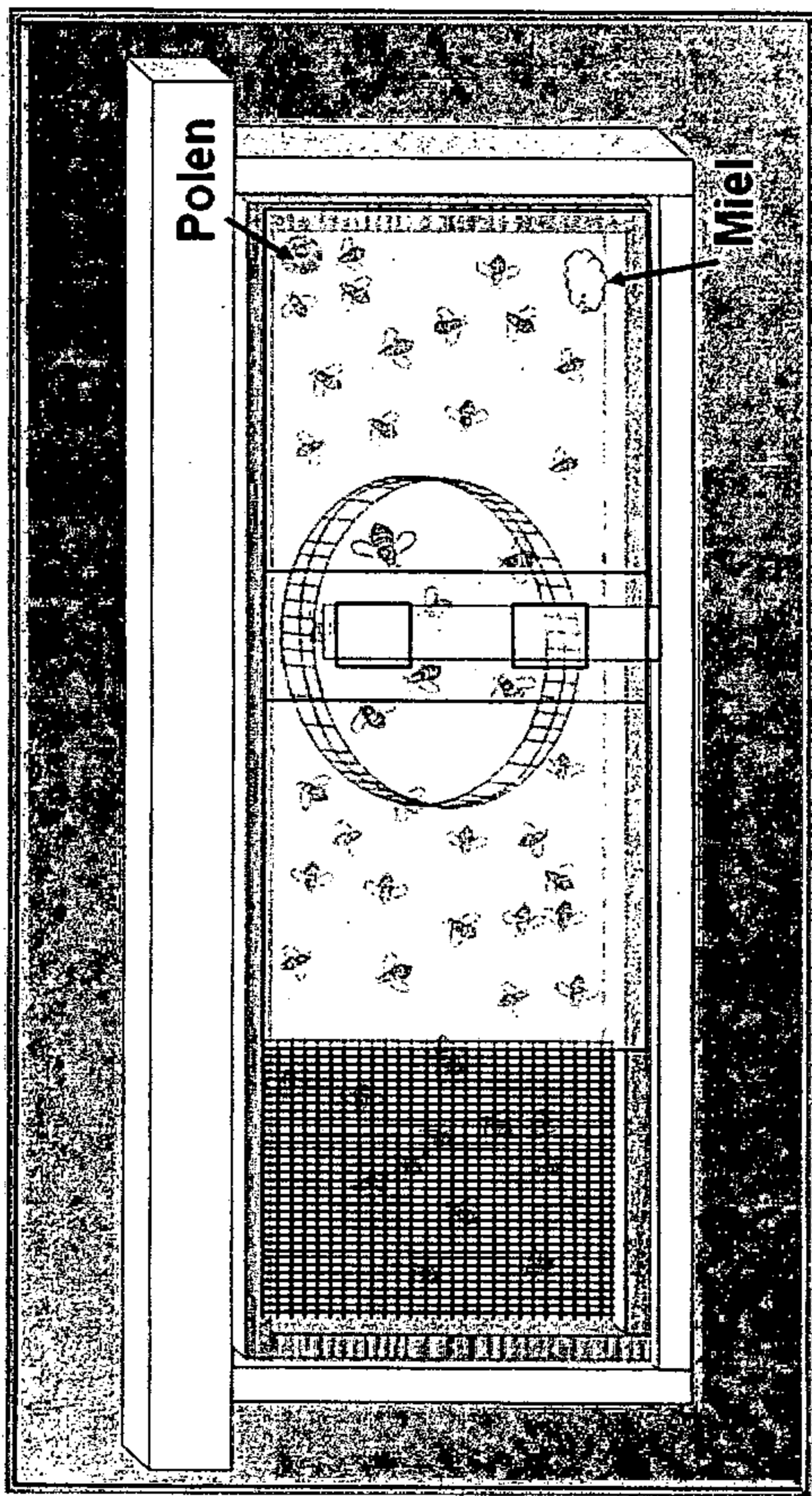


Figura 4. Esquema del bastidor de madera en el momento de realizar la evaluación directa del comportamiento de acicalamiento (Elaborado por Rodrigo Medellín).

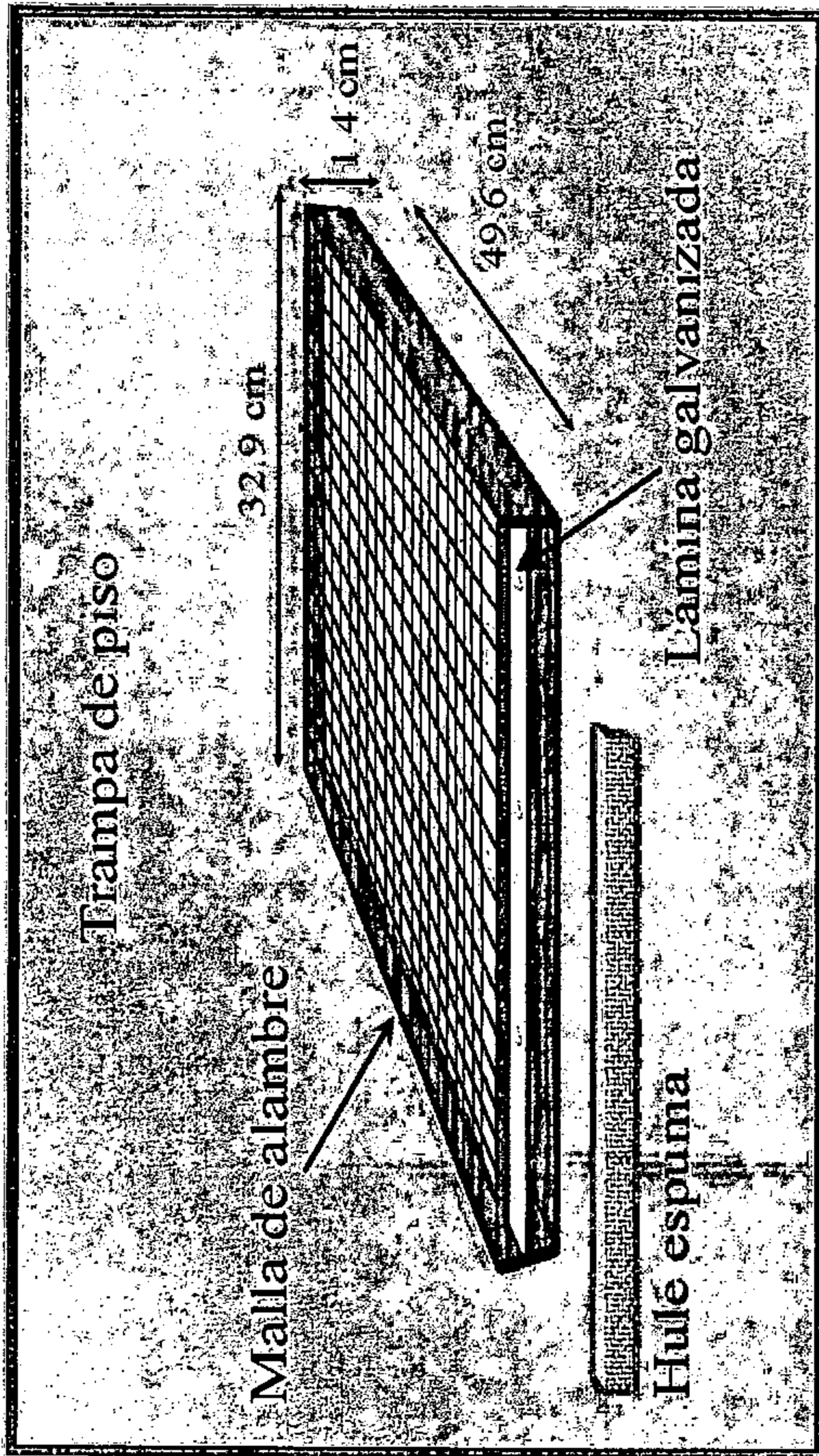


Figura 5. Esquema de la trampa de piso recolectora de ácaros utilizada para la evaluación indirecta del comportamiento de acicalamiento (Elaborado por Rodrigo Medellín).

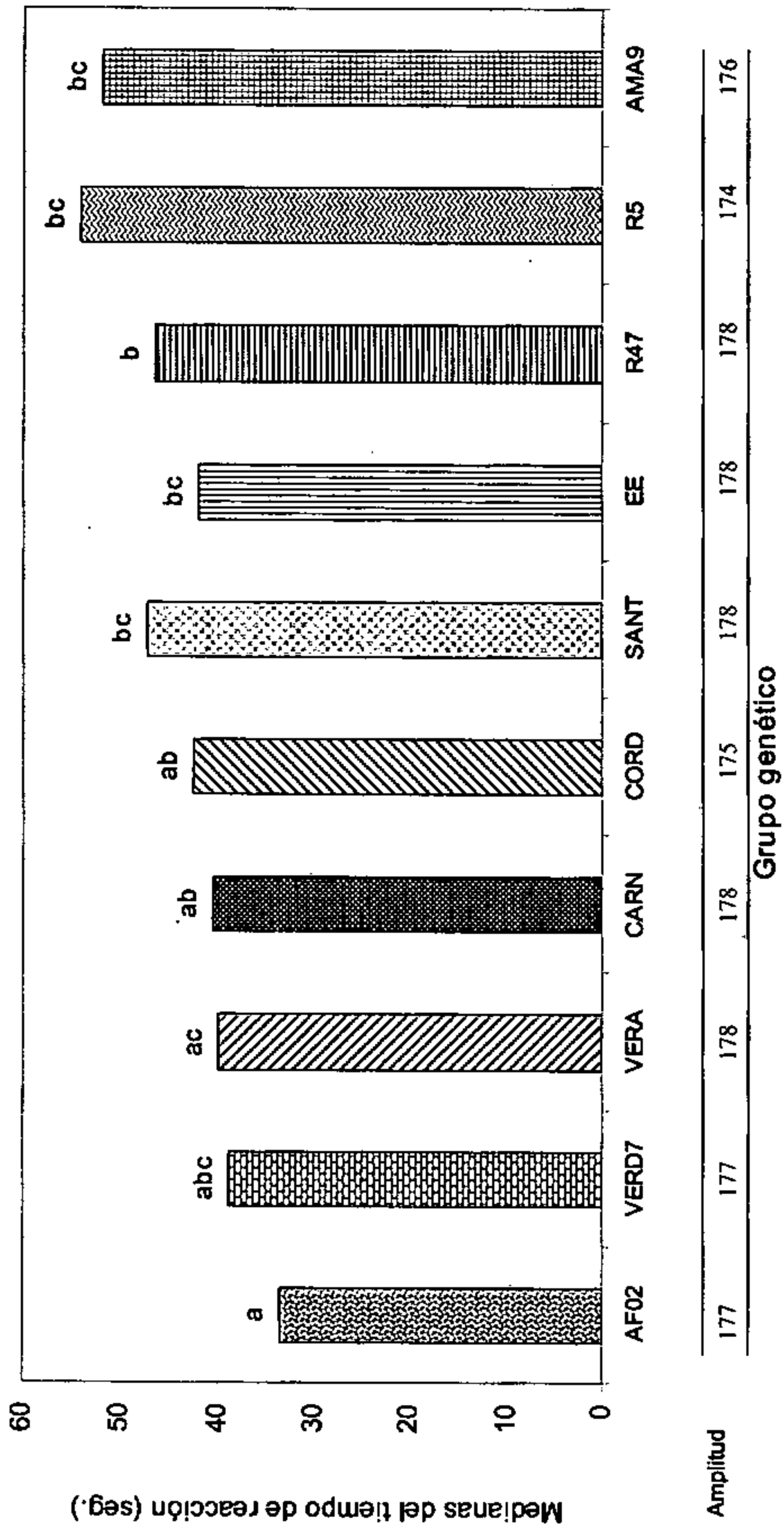
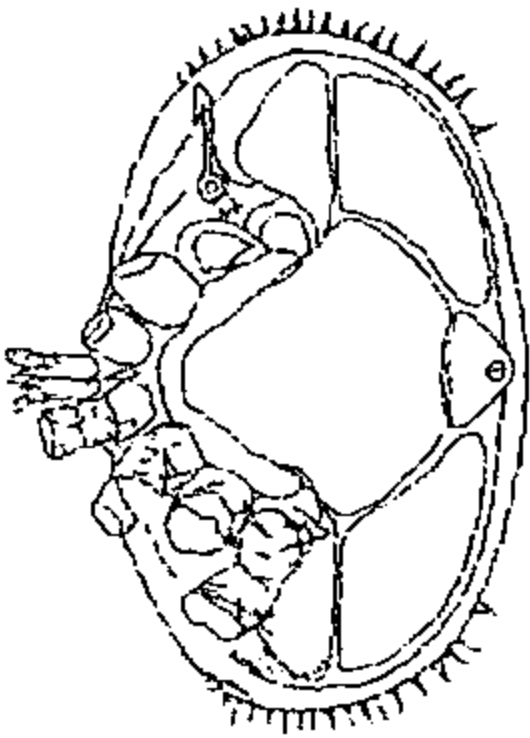
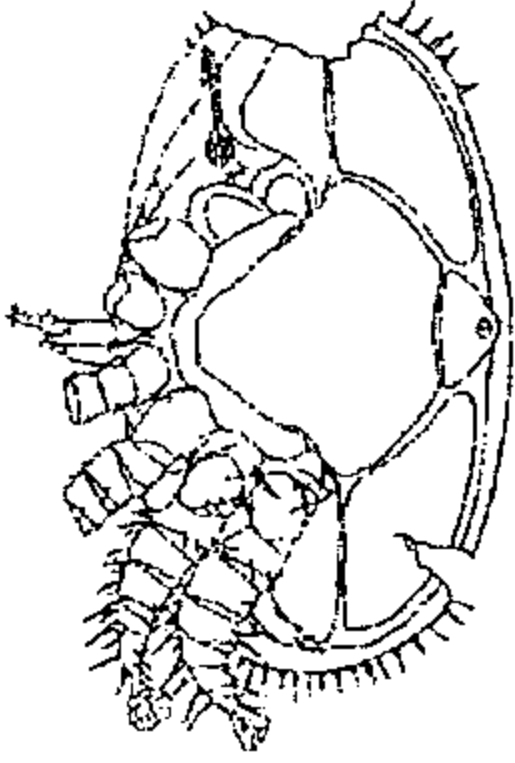


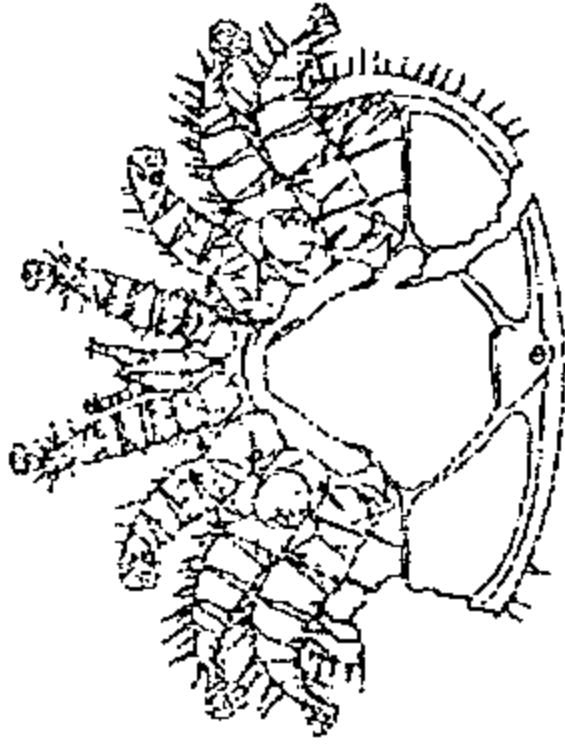
Figura 6. Tiempo de reacción al estímulo de la colocación de una varroa viva sobre el cuerpo de las abejas en los 10 grupos evaluados. Literales diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con base en la prueba no paramétrica de Dunn's (Glantz 2002).



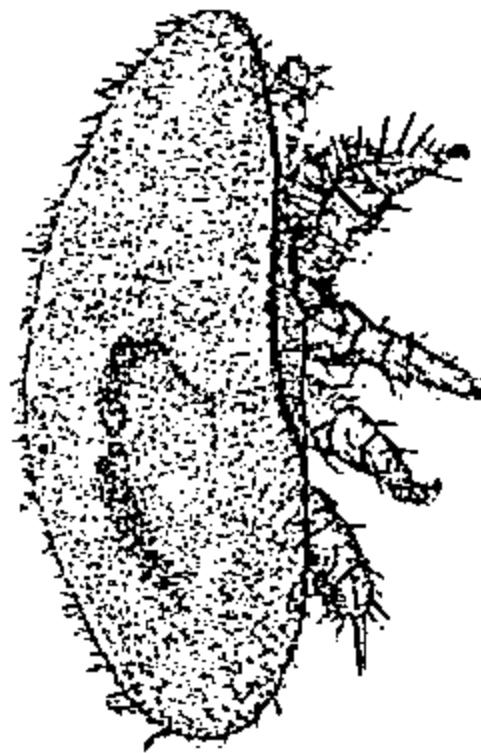
Lesiones en patas



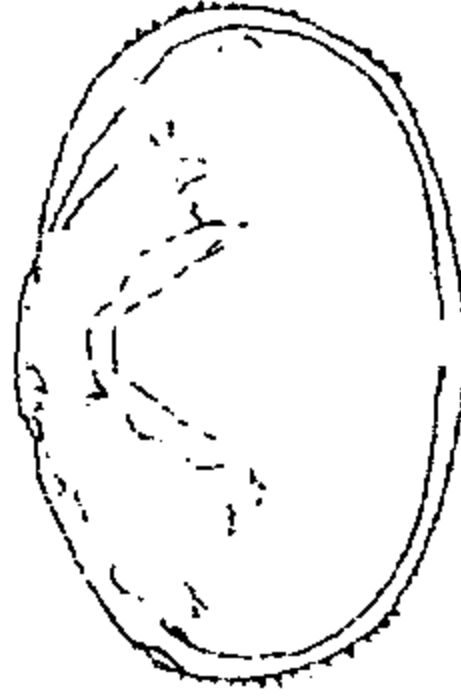
Lesiones en patas e idiosoma



Lesiones en idiosoma



Lesión de hundimiento



Ausencia de escudos ventrales y patas (caparazón)

Figura 7. Esquema de las diferentes lesiones observadas sobre las varroas examinadas (Tomado de Ritter<sup>14</sup> y modificado por Rodrigo Medellín).

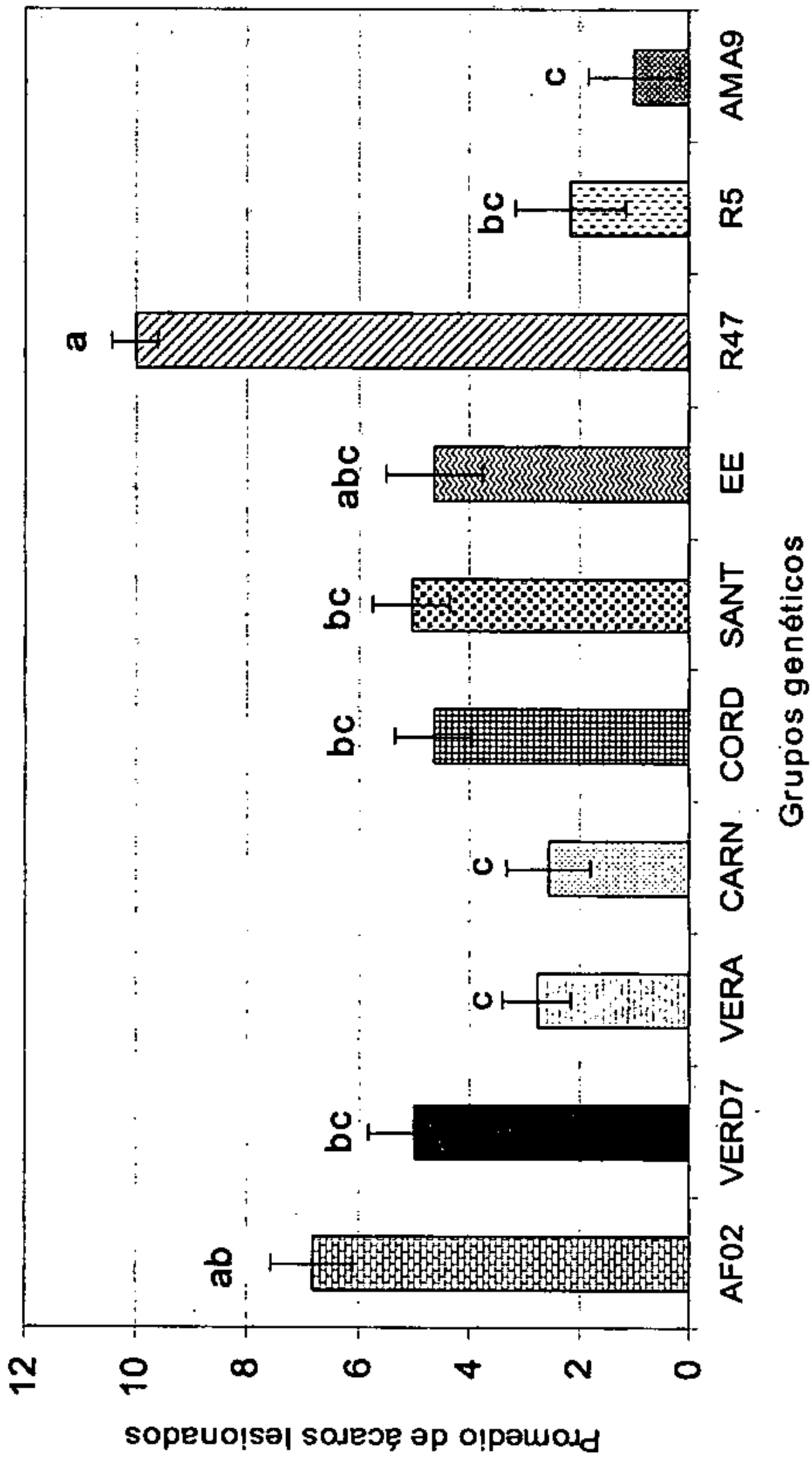


Figura 8. Promedio ( $\pm$  E.E.) de ácaros con lesiones en los 10 grupos genéticos evaluados. Literales diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con datos transformados.

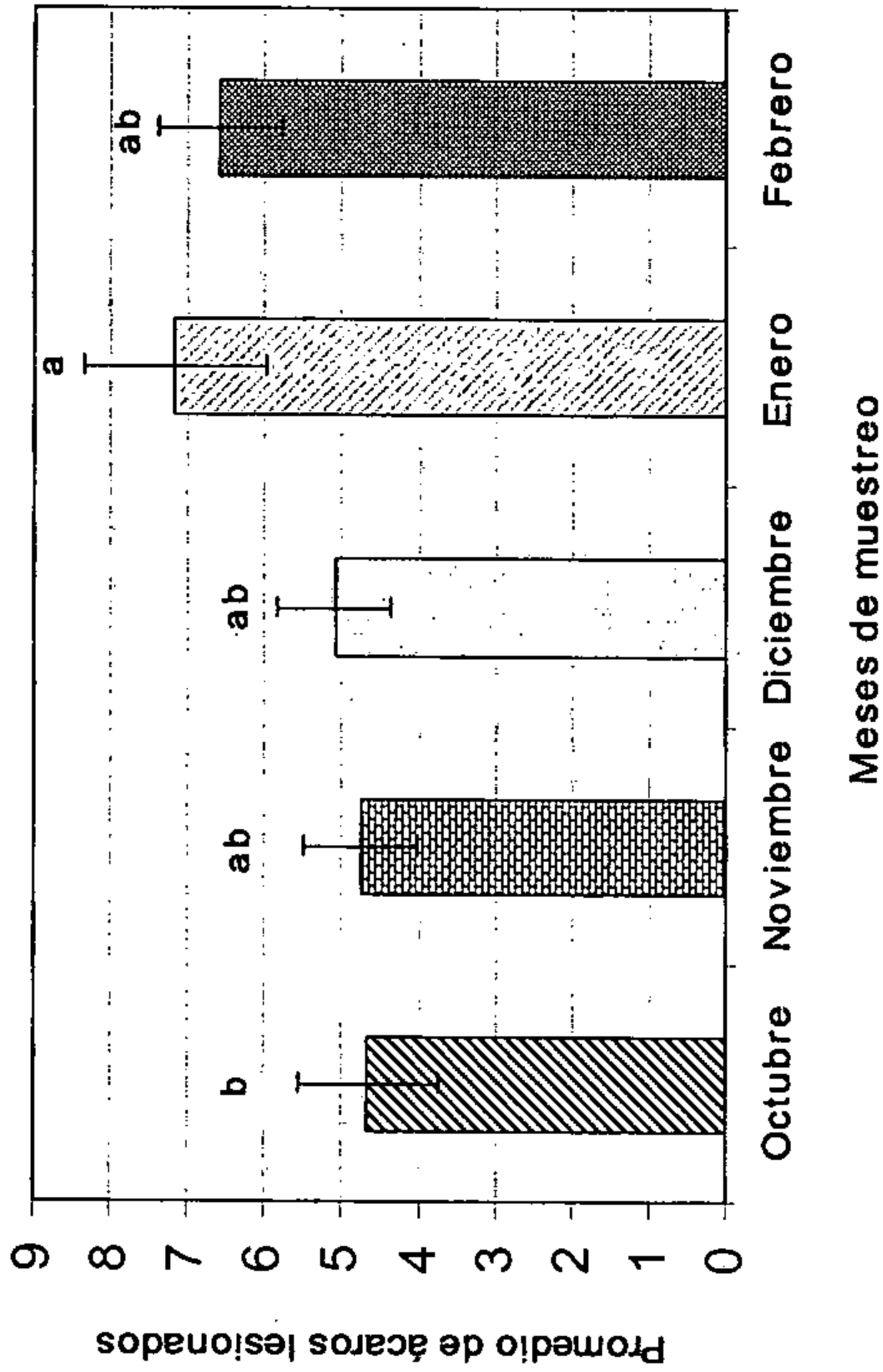


Figura 9. Promedio ( $\pm$  E.E.) de ácaros con lesiones en cada uno de los cinco muestreos mensuales. Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas sin datos transformados ( $P < 0.05$ ) ( $n = 1496$ ).