

Artículo Original. Mayo-Agosto 2018; 8(2): 98-107. Recibido: 02/02/2018 Aceptado: 16/04/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.9>

Identificación morfométrica de *Varroa destructor* y su plasticidad por la exposición a timol

Morphometric identification of *Varroa destructor* and its plasticity by the exposure to thymol

Loeza-Concha Henry¹ henryloeza_21@live.com.mx , Domínguez-Rebolledo Alvaro³ alvaroedr@gmail.com , Escalera-Valente Francisco¹ franescalera@hotmail.com , Ávila-Ramos Fidel² ledifar@hotmail.com , Carmona-Gasca Carlos^{1*} carmonagasca@yahoo.com.mx

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Compostela, Nayarit, México, Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias; ²Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, División de Ciencias de la Vida, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Irapuato, Guanajuato, México., ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Mocochoá, Mérida, México. *Autor responsable y correspondencia: Carlos Alfredo Carmona Gasca*, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera de cuota Chapalilla-Compostela KM 3.5, Compostela, Nayarit, México. C.P. 63700. e-mail: carmonagasca@yahoo.com.mx

RESUMEN

Actualmente existen cuatro especies de *Varroa* identificadas en todo el mundo, las cuales presentan una alta variabilidad interespecífica e intraespecífica. El objetivo de esta investigación fue identificar la especie predominante de *Varroa* y el efecto del timol sobre la plasticidad del ácaro. Para determinar la especie y el efecto del timol sobre la plasticidad del ácaro se analizaron morfométricamente 150 especímenes de 65 colmenas y 54 de 17 colmenas expuestas a timol por 28 días. De acuerdo a las medidas morfométricas, los ácaros fueron identificados como *Varroa destructor*, no habiendo evidencia morfométrica de la infestación por otras especies del género *Varroa*. Las poblaciones de ácaros difieren entre apiarios ($P \leq 0.05$), por lo que las variables ancho del escudo genital ($P=0.013$), largo del escudo genital ($P=0.002$) y ancho del escudo anal ($P=0.026$) fueron más variantes. Se encontraron 8 morfotipos, observándose diferencias entre las medias de largo del escudo genital por efecto del timol ($P \leq 0.05$). Se concluye que *Varroa destructor* expuesta al timol presenta una variabilidad morfométrica intraespecífica por la adaptación a la presión de selección impuesta por el acaricida.

Palabras claves: Morfometría, patógeno, acaricida.

ABSTRACT

Currently, there are four *Varroa* species identified worldwide, which present a high interspecific and intraspecific variability. The objective of this investigation was to identify the predominant species of *Varroa* and the effect of thymol on the plasticity of the mite. To determine the species and effect of thymol on the plasticity of the mite, 150 specimens from 65 hives and 54 from 17 beehives exposed to thymol for 28 days were morphometrically tested. According to the morphometric measurements, the mites were identified as *Varroa destructor*, there being no morphometric evidence of the infestation by other *Varroa* species. Mite populations differed among apiaries ($P \leq 0.05$), so that variables genital shield width ($P=0.013$), genital shield length ($P=0.002$) and genital shield width ($P=0.026$) were plus variants. We found 8 morphotypes, observing differences between the average length of the genital shield for thymol effect ($P \leq 0.05$). It is concluded that *Varroa destructor* exposed to thymol presents an intraspecific morphometric variability for adaptation to the selection pressure imposed by the miticide.

Keywords: Morphometry, pathogen, acaricide.

INTRODUCCIÓN

La varroasis es la principal enfermedad parasitaria que afecta a la abeja (*Apis mellifera*) a nivel mundial, esta enfermedad es causada por lo menos por cuatro especies identificadas: *Varroa jacobsoni* Oudemans, *Varroa underwoodi*, *Varroa rindereri* y *Varroa destructor* (Oudemans, 1904; Delfinado *et al.*, 1987; De Guzman *et al.*, 1996; Anderson *et al.*, 2000). Estas cuatro especies de *Varroa* afectan directamente a las crías de *A. mellifera* en las etapas más sensibles de su desarrollo ontogenético, alimentándose principalmente de la hemolinfa de su huésped, causando: la pérdida de peso, disminución del rendimiento de vuelo, aumento de búsqueda prematura de alimento, disminución de la capacidad de aprendizaje, disminución de la tasa de retorno y reducción de la vida promedio de las abejas; además que presentan una función patogénica de muchas enfermedades virales asociadas con trastornos del colapso de colonias; por estas causas negativas se consideradas como la enfermedad más destructiva de las abejas melíferas (De Jong *et al.*, 1982; Duay *et al.*, 2003; Kralj *et al.*, 2006; Cox *et al.*, 2007; de Miranda *et al.*, 2010).

Elucidar el potencial de la variabilidad genética y fenotípica relacionada con el proceso de distribución mundial, dio lugar a una serie de estudios sobre la diferenciación morfológica intraespecífica del parásito (Delfinado *et al.*, 1989; De Guzman *et al.*, 1996). La plasticidad del ácaro *Varroa* está influenciada por la variabilidad geográfica, las condiciones climáticas naturales y también con las distintas especies hospederas (Boudagga *et al.*, 2003; Maggi *et al.*, 2009; Akinwande *et al.*, 2012; Badejo *et al.*, 2013; Aude *et al.*, 2016; Dadgostar *et al.*, 2018). En este sentido se ha demostrado que existe un gran plasticidad fenotípica dentro de la misma población de ácaros en diferentes especies de abejas en todo el mundo (Akimov *et al.*, 2004); esta plasticidad se define clásicamente como el ajuste fenotípico de un organismo al entorno, es decir a la adaptación mediante cambios morfológicos, fisiológicos y de comportamiento de los individuos; permitiendo el mantenimiento de la aptitud individual, y por lo tanto conduce a la persistencia de la población y la especie (Pigliucci, 2005; Nussey *et al.*, 2007).

A pesar que se conocen los diferentes genotipos de Varroa, poco se sabe sobre las características epigenéticas y las diferencias fenotípicas de las poblaciones de Varroa que afectan a las abejas melíferas en esta región; en este sentido, es necesario el uso de técnicas de discriminación morfométricas (Delfinado et al., 1989), las cuales se basan en el análisis de mediciones de algún segmento del cuerpo y que utiliza principalmente los conceptos de tamaño y forma (López et al., 2002). En este sentido mediante análisis morfométrico se identificó la especie de Varroa y su plasticidad varía después del tratamiento con timol.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

La investigación se realizó en el municipio de Tepic, Nayarit, México; ubicado a 21° 51' y 21° 24' latitud norte, 104° 34' y 105° 05' longitud oeste a 915 m.s.n.m. En la zona predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, y el semicálido subhúmedo con lluvias en invierno; la precipitación promedio anual es de 1,121 mm y la temperatura promedio es de 21.1 °C (Fernández *et al.*, 2010).

Obtención de muestras

Se recolectaron aproximadamente 300 abejas que se localizaban entre el tercer y cuarto bastidor de la cámara de cría, dichas abejas se colocaron en recipientes con alcohol al 70%. Las muestras se colectaron en el día cero (previo a la primera aplicación del timol) y al final del tratamiento al día 28. La obtención de los especímenes de *Varroa* se realizó utilizando la metodología de De Jong *et al.* (1982), en el Laboratorio de Biología funcional de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Unidades experimentales

Para determinar las especies de *Varroa* y la variabilidad morfométrica se analizaron 150 especímenes de *Varroa* de 65 colmenas, y para determinar el efecto de timol sobre la plasticidad de *Varroa* se tomaron 54 especímenes de 17 colmenas con presencia del ácaro antes y después de la aplicación del timol. Las colmenas presentaron las siguientes características: siete espacios entre bastidores llenos de abejas adultas, reina con postura y un bastidor de miel con polen; dichas colmenas fueron provenientes de 5 apiarios destinados para la formación de núcleos de fecundación de abejas reinas.

Procesamiento de ácaros

Los ácaros de *Varroa* se procesaron para su observación siguiendo las técnicas descritas por Krantz (1978) y Maggi *et al.* (2009). Cada ácaro se colocó en ácido láctico al 50% durante 2 horas a 100°C; posteriormente los ácaros se almacenaron en alcohol al 50% v/v hasta su observación. Los caracteres morfométricos se midieron usando un microscopio estereoscópico con un micrómetro ocular a 20X.

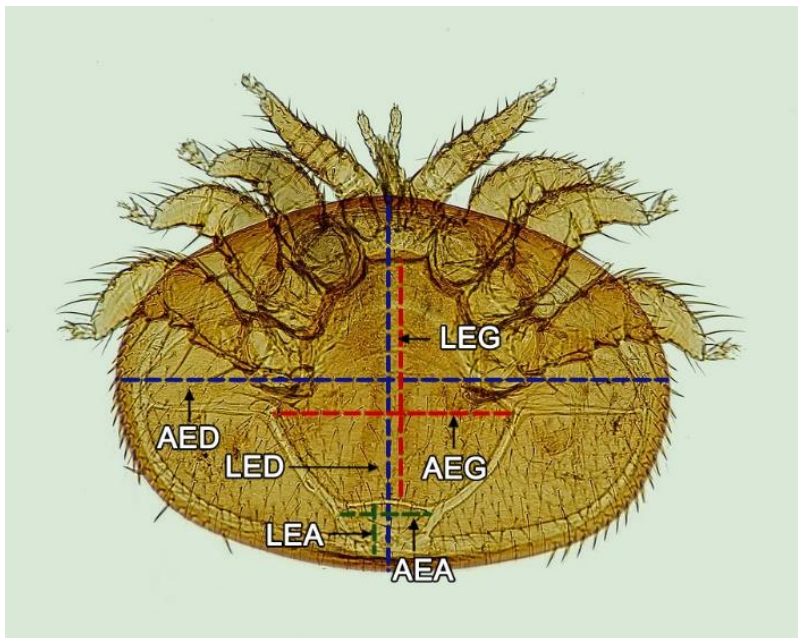


Figura 1. Variables medidas de la varroa: (AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal, (LEA) longitud del escudo anal

Morfometría

Se midieron seis variables (Figura 1) en cada uno de los especímenes: ancho del escudo dorsal (AED), longitud del escudo dorsal (LED), ancho del escudo genital (AEG), longitud del escudo genital (LEG), ancho del escudo anal (AEA) y longitud del escudo anal (LEA).

Preparación del timol

Se utilizó timol cristal previamente pulverizado con una pureza del 98.0%. El tratamiento consistió en la mezcla 8 gr de timol y 32 gr de azúcar glas para obtener una concentración del 20%.

Aplicación del tratamiento

Para la aplicación se prepararon paquetes con 40 gr de la mezcla, las cuales fueron esparcidos en cuadros de papel de 20 x 20 cm sobre la cámara de cría. El tratamiento se aplicó en 3 ocasiones con intervalos de 7 días.

Análisis estadístico

Para determinar las diferencias morfológicas de *Varroa* entre los apiarios se realizó una comparación de medias con una prueba de ANOVA de un factor, las variables que tuvieron diferencias significativas se sometieron a un segundo análisis de comparación múltiple post hoc mediante una comparación de medias de Tukey. Se realizó un análisis de correlación entre las variables en estudio. Para relacionar la plasticidad con el tratamiento a base de timol se realizó una correlación de Pearson. Para determinar los morfotipos se realizó un análisis de conglomerados K medias; para ello se utilizó el Software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 20. 0 (IBM, 2011).

RESULTADOS

De acuerdo a (Anderson *et al.*, 2000) se determinó que la especie predominante en esta región es *Varroa destructor* con promedios del AED ($1688.40 \pm 33.46 \mu\text{m}$) y LED ($1128.10 \pm 25.76 \mu\text{m}$). Las poblaciones de ácaros difirieron ($P \leq 0.05$) entre apiarios (Tabla 1), por lo que se encontró que las variables AEG ($P=0.013$), LEG ($P=0.002$) y AEG ($P=0.026$) fueron más discriminantes en comparación AED ($P=0.086$), LED ($P=0.16$) y el LEA ($P=0.34$). La variable LEG fue la que presentó una correlación ($P \leq 0.05$) con todas las variables estudiadas; sin embargo, su correlación fue mayor en relación a las variables AED y AEG (Tabla 2).

Tabla 1. Media de las variables estudiadas (μm) pertenecientes a las poblaciones de *Varroa destructor* de 5 apiarios evaluados.

| Apiario | AED | LED | AEG | LEG | AEA | LEA |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 1696 a | 1140 a | 721 a | 593 a | 276 ab | 129 a |
| 2 | 1684 a | 1118 a | 718 ab | 575 ab | 286 a | 132 a |
| 3 | 1666 a | 1119 a | 679 b | 557 b | 271 b | 125 a |
| 4 | 1691 a | 1138 a | 715 ab | 594 ac | 283 ab | 134 a |
| 5 | 1705 a | 1125 a | 725 ac | 595 ac | 286 ac | 131 a |

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

Tabla 2. Identificación de variables discriminantes de *Varroa destructor* mediante análisis de Tukey

| <i>Variable</i> | F | Sig. |
|-----------------|----------|-------------|
| <i>AED</i> | 2.181 | .086 |
| <i>LED</i> | 1.706 | .165 |
| <i>AEG</i> | 3.569 | .013 |
| <i>LEG</i> | 4.946 | .002 |
| <i>AEA</i> | 3.039 | .026 |
| <i>LEA</i> | 1.143 | .348 |

(*AED*) ancho del escudo dorsal, (*LED*) longitud del escudo dorsal, (*AEG*) ancho del escudo genital, (*LEG*) longitud del escudo genital, (*AEA*) ancho del escudo anal y (*LEA*) longitud del escudo anal.

Se identificaron ocho morfotipos; el morfotipo A se estableció en ácaros recolectados en el apiario 1; el morfotipo B se encontró en ácaros pertenecientes a los apiarios 1, 2; 4 y 5; el morfotipo C, F y H se encontró en ácaros de los 5 apiarios; el morfotipo D se estableció en ácaros del apiario 3; el morfotipo E se encontró en ácaros de los apiarios 1, 2, 4 y 5; el morfotipo G se encontró en ácaros de los apiarios 2 y 3. La media de cada variable estudiada perteneciente a los ocho morfotipos de *V. destructor* y los resultados de ANOVA se muestra en la (Tabla 3 y 4). Mediante un análisis de igualdad (Tabla 5) se encontró una correlación ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento y las variables *AED* ($P=0.065$) y *LEG* ($P=0.002$).

Tabla 3. Media de las variables estudiadas (μm) pertenecientes a los 8 morfotipos de *V. destructor*

| <i>MORFOTIPOS</i> | <i>AED</i> | <i>LED</i> | <i>AEG</i> | <i>LES</i> | <i>AEA</i> | <i>LEA</i> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>A</i> | 1583 | 1042 | 533 | 483 | 267 | 108 |
| <i>B</i> | 1707 | 1147 | 738 | 589 | 290 | 139 |
| <i>C</i> | 1699 | 1146 | 683 | 569 | 281 | 137 |
| <i>D</i> | 1692 | 1092 | 642 | 583 | 258 | 125 |
| <i>E</i> | 1708 | 1134 | 718 | 613 | 276 | 131 |
| <i>F</i> | 1653 | 1115 | 707 | 589 | 281 | 124 |
| <i>G</i> | 1629 | 1142 | 717 | 533 | 263 | 117 |
| <i>H</i> | 1700 | 1109 | 725 | 565 | 282 | 127 |

(*AED*) ancho del escudo dorsal, (*LED*) longitud del escudo dorsal, (*AEG*) ancho del escudo genital, (*LEG*) longitud del escudo genital, (*AEA*) ancho del escudo anal y (*LEA*) longitud del escudo anal.

Tabla 4. ANOVA de conglomerados jerárquicos k medias de 8 morfotipos de *V. destructor*

| <i>Variable</i> | Media | F | Sig. |
|-----------------|--------------|----------|-------------|
| <i>AED</i> | 5673.763 | 15.000 | .000 |
| <i>LED</i> | 2958.600 | 10.197 | .000 |
| <i>AEG</i> | 7459.992 | 32.075 | .000 |
| <i>LEG</i> | 4172.858 | 19.927 | .000 |
| <i>AEA</i> | 372.733 | 2.415 | .035 |
| <i>LEA</i> | 369.098 | 4.720 | .001 |

(*AED*) ancho del escudo dorsal, (*LED*) longitud del escudo dorsal, (*AEG*) ancho del escudo genital, (*LEG*) longitud del escudo genital, (*AEA*) ancho del escudo anal y (*LEA*) longitud del escudo anal.

Tabla 5 Pruebas de igualdad de las medias antes y después del tratamiento de las variables de *V. destructor*

| Variabes | Lambda de Wilks | F | Sig. |
|----------|-----------------|--------|-------------|
| AED | .904 | 3.631 | .065 |
| LED | .988 | .412 | .525 |
| AEG | .944 | 2.010 | .165 |
| LEG | .745 | 11.615 | .002 |
| AEA | .941 | 2.115 | .155 |
| LEA | 1.000 | .000 | 1.000 |

(AED) ancho del escudo dorsal, (LED) longitud del escudo dorsal, (AEG) ancho del escudo genital, (LEG) longitud del escudo genital, (AEA) ancho del escudo anal y (LEA) longitud del escudo anal.

DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en esta investigación corresponden a la especie de *Varroa destructor*; puesto que las variables AED y LED son similares, pero inferiores a los encontrados en diferentes partes del mundo (Anderson *et al.*, 2000; Zhang, 2000; Boudagga *et al.*, 2003; Maggi *et al.*, 2009; Kelomey *et al.*, 2016); sin embargo nuestros resultados coinciden con el promedio general descrito para este ácaro (Anderson *et al.*, 2000); estas diferencias morfométricas se deben a la interacción entre el parásito y su huésped. Se ha observado que cuando el hospedador tiene variación corporal, el parásito también cambia esta condición (Giménez *et al.*, 2017); es decir que las variaciones morfométricas del ácaro depende del linaje de *Apis mellifera* que *Varroa destructor* parasita; en este sentido George *et al.*, (2004) han demostrado que la biomasa del parásito está controlada por la tasa metabólica del hospedador, de igual manera el tamaño de las celdas de los panales afecta el tamaño corporal del hospedador y en consecuencia el tamaño de los ácaros (Borsuk *et al.*, 2012).

Los estudios de plasticidad de *Varroa* han encontrado variaciones morfométricas en grandes regiones y países como Irán, Argentina, y Ucrania; encontrando 17 morfotipos por estudio (Akimov *et al.*, 2004; Maggi *et al.*, 2009; Dadgostar *et al.*, 2018); sin embargo en un grupo de colmenas de productores locales, se encontraron 8 morfotipos, lo que significa una gran variabilidad morfométrica en una población de abejas estrechamente relacionadas, por lo que consideramos que esta variación depende de los regímenes de selección dentro de los hábitats, la migración, las diferentes épocas de reproducción de las abejas y a las posibles mutaciones que el ácaro pudiera presentar en el tiempo (Van Tienderen; 1991, Akimov *et al.*, 2004, Carroll *et al.*, 2007).

La plasticidad fenotípica se observó claramente después de 28 días de haber aplicado un acaricida natural, por lo que pudimos observar una reducción significativa en el AED y LEG; de manera que coincidimos con Maggi *et al.* (2009) quien ha informado de la plasticidad morfométrica de *Varroa destructor* en diferentes regiones de Sudamérica. Esta plasticidad morfométrica se ha documentado en otras especies donde han encontrado una asociación entre el tamaño corporal y la susceptibilidad a los medicamentos (Bridges *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2007; Yarahmadi *et al.*, 2009). En este sentido las capacidades de los parásitos para ajustar su fenotipo a un plaguicida, es considerada como una estrategia de adaptación a la intensa presión de selección impuesta por el mitocida, causando respuestas plásticas en la alometría corporal u ontogenética (Wu *et al.*, 2003).

CONCLUSIÓN

El 100% de los ácaros evaluados pertenecen a la especie *V. destructor*. Se encontraron 8 morfotipos claramente diferenciados, lo que nos permitió comprender la variabilidad morfométrica intraespecífica de *V. destructor* en poblaciones de *A. mellifera* geográficamente relacionadas. Se observó una plasticidad positiva correlacionada entre el acaricida y la disminución de LEG; entonces la plasticidad postratamiento es resultado de la adaptación, debido a la presión de selección impuesta por el acaricida; teniendo indicios de que el ácaro se adapta mediante su variabilidad morfológica a las condiciones adversas para su sobrevivencia y a las colonias de abejas que parasitan.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen por el apoyo recibido a todos los apicultores integrantes del Sistema Producto Apícola del Estado de Nayarit, quienes permitieron esta investigación en sus apiarios y dedicaron tiempo y esfuerzo para realizar esta investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca doctoral al M.C. Henry Jesús Loeza Concha CVU. 479944 y por el financiamiento, al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a la incorporación de nuevos PTC 2016.

LITERATURA CITADA

- AKIMOV I, Benedyk S, Zaloznaya L. 2004. Complex analysis of morphological characters of Gamasid mite *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae). *Journal of Zoology*. 38(5): 57–66. ISSN: 0084-5604
- AKINWANDE KL, Badejo MA, Ogbogu SS. 2012. Incidence of the Korean haplotype of *Varroa destructor* in southwest Nigeria. *Journal of Apicultural Research*. 51:369-370. ISSN: 0021-8839
- ANDERSON D, Trueman J. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and applied acarology*. 24:165-189. ISSN: 0168-8162
- AUDE KE, Armand P, Francois A, Charlemagne G, Georg G, Manuelle T, Lamine BM. 2016. Morphometric characterization of parasite *Varroa sp.* of bee *Apis mellifera* L. in Benin. *European Scientific Journal*. 12(33):221-234. ISSN: 1857-7431. DOI: 10.19044/esj.2016.v12n33p221
- BADEJO M, Ogbogu S, Akinwande KL. 2013. Morphometrics and parasitic load of *Varroa* mites (Acari: varroidae) on colonies of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: apidae) in south Western Nigeria. *Russian Acarological Journal*. 21:17-26. ISSN: 0132-8077
- BOSUK G, Olszewski K, Strachecka A, Paleolog J, Kasperek K. 2012. Genetic and morphometric variation of the *Varroa destructor* developing in standard and small comb cells. *Veterinary Medical Science and Practice (Medycyna Weterynaryjna)*. 68:599-602. <http://www.medycynawet.edu.pl/231-summary-2012/summary-2012-10/4223-summary-med-weter-68-10-599-602-2012>
- BOUDAGGA H, Barbouche N, Laârif A, Hamouda, MHB. 2003. Morphological identification of the *Varroa* species (Acari: Varroidae) colonizing Tunisian apiaries.

Systematic and Applied Ácarology. *Systematic y Applied Acarology Society*. 8(1): 97-100. ISSN: 1362-1971. DOI: 10.11158/saa.8.1.12

BRIDGES CM, Semlitsch RD. 2001. Genetic variation in insecticide tolerance in a population of southern leopard frogs (*Rana sphenoccephala*): implications for amphibian conservation. *The American Society of Ichthyologists and Herpetologists*. 1(1):7-13. ISSN: 0045-8511. DOI: 10.1643/0045-8511(2001)001[0007:GVIITI]2.0.CO;2.

CARROLL SP, Hendry AP, Reznick DN, Fox CW. 2007. Evolution on ecological time-scales. *Functional Ecology*. 21:387-393. ISSN:1365-2435. DOI:10.1111/j.1365-2435.2007.01289.x.

COX DL, Conlan S, Holmes EC, Palacios G, Evans JD, Moran NA, Quan PL, Briese T, Hornig M, Geiser DM. 2007. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science*. 318:283-287. ISSN: 0036-8075. DOI: 10.1126/science.1146498.

DADGOSTAR S, Nozari J. 2018. Classical and geometric morphometric methods reveal differences between specimens of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) from seven provinces of Iran. *Persian Journal of Ácarology*. 7(1):51.60. ISSN:2251-8169. DOI: 10.22073/pja.v1i1.32063.

DE GUZMAN L, Delfinado M. 1996. A new species of *Varroa* (Acari: Varroidae) associated with *Apis koschevnikovi* (Apidae: Hymenoptera) in Borneo. *International Journal of Acarology*. 22: 23-27. ISSN: 0164-7954. DOI: 10.1080/01647959608684077.

DE JONG D, De Jong P, Goncalves L. 1982. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research*. 21:165-167. ISSN: 0021-8839. DOI: 10.1080/00218839.1982.11100535.

DE MIRANDA JR, Cordoni G, Budge G. 2010. The Acute bee paralysis virus-Kashmir bee virus-Israeli acute paralysis virus complex. *Journal of Invertebrate Pathology*. 1:30-47. ISSN: 0022-2011 DOI: 10.1016/j.jip.2009.06.014

DELFINADO M, Aggarwal K. 1987. A new *Varroa* (Acari: Varroidae) from the nest of *Apis cerana* (Apidae). *International Journal of Acarology*. 13:233-237. ISSN: 0164-7954. DOI: 10.1080/01647958708683777.

DELFINADO M, Houck M. 1989. Geographic variation in *Varroa jacobsoni* (Acari, Varroidae): application of multivariate morphometric techniques. *Apidologie*. 20:345-358. ISSN:0044-8435.

DUAY P, De Jong D, Engels W. 2003. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie*. 34:61-65. ISSN: 0044-8435. DOI: 10.1051/apido:2002052.

FERNÁNDEZ A, Zavala J, Romero R. 2010. Atlas climático digital de México. *Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM*. Available online: <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml>

GEORGE M, Munoz G, Marquet PA, Poulin R. 2004. Testing the energetic equivalence rule with helminth endoparasites of vertebrates. *Ecology Letters*. 7:527-531. ISSN:1461-0248. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00609.x.

GIMÉNEZ P, Mendoza Y, Invenizzi C, Fuselli S, Alonso Salces R, Fernández P, Maggi M. 2017. Morphometric correlation between *Apis mellifera* morphotypes (*Hymenoptera*) and *Varroa destructor* (Acari) from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*. 56:122-129. ISSN: 0021-8839. DOI: 10.1080/00218839.2017.1287998.

KELOMEY E, Paraiso A, Azonwade F, Gbemavo C, Goergen G, Tamo M, Baba-Moussa, L. 2016. Morphometric characterization of parasite *Varroa sp.* of bee *Apis mellifera* L. in Benin. *European science journal*. 12(33):221-234. ISSN: 1857-7881. DOI: 10.19044/esj.2016.v12n33p221.

KRALJ J, Fuchs S. 2006. Parasitic *Varroa destructor* mites influence flight duration and homing ability of infested *Apis mellifera* foragers. *Apidologie*. 37:577-587. ISSN: 0044-8435. DOI: 10.1051/apido:2006040.

KRANTZ G. 1978. *A manual of acarology*. –Oregon State University Book Store. Inc. Corvallis. 509 p. ISBN: 0882460641, 9780882460642.

LÓPEZ E, Acosta N, González N, Fernández M, Ferreira E, Rojas De Arias A. 2002. Diferencias morfométricas en poblaciones de *Triatoma infestans* provenientes de las regiones Oriental y Occidental del Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*. 1:51-57. ISSN: 1812-9528.

MAGGI MD, Sardella NH, Ruffinengo SR, Eguaras MJ. 2009. Morphotypes of *Varroa destructor* collected in *Apis mellifera* colonies from different geographic locations of Argentina. *Parasitology research*. 105:1629-1636. ISSN: 0932-0113. DOI: 10.1007/s00436-009-1605-8.

NUSSEY D, Wilson A, Brommer J. 2007. The evolutionary ecology of individual phenotypic plasticity in wild populations. *Journal of evolutionary biology*. 20:831-844. ISSN: 1420-9101. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2007.01300.x.

OLIVEIRA EE, Guedes RNC, Totola MR, De Marco Jr P. 2007. Competition between insecticide-susceptible and-resistant populations of the *Maize weevil*, *Sitophilus zeamais*. *Chemosphere. Europe PMC*. 69:17-24. ISSN: 0045-6535. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.04.077.

OUDEMANS AC. 1904. On a new genus and species of parasitic acari. *Notes from the Leyden Museum*.24:216-222. ISSN: 1872-9231. <http://www.repository.naturalis.nl/document/551518>.

- PIGLIUCCI M. 2005. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends in Ecology y Evolution*. 20:481-486. ISSN: 0169-5347. DOI: 10.1016/j.tree.2005.06.001.
- VAN TIENDEREN PH. 1991. Evolution of generalists and specialists in spatially heterogeneous environments. *Evolution: International Journal of Organic Evolutio*. 45:1317-1331. ISSN: 1558-5646. DOI: 10.1111/j.1558-5646.1991.tb02638.x.
- WU R, Ma CX, Lou XY, Casella G. 2003. Molecular dissection of allometry, ontogeny, and plasticity: a genomic view of developmental biology. *Bioscience*. 53:1041-1047. ISSN: 0096-7645. DOI: 10.1641/0006-3568(2003)053[1041:MDOAOA]2.0.CO;2.
- YARAHMADI F, Moassadegh M, Soleymannejadian E, Saber M, Shishehbor P. 2009. Assessment of acute toxicity of abamectin, spinosad and chlorpyrifos to Thrips tabaci Lindeman (*Thysanoptera: Thripidae*) on sweet pepper by using two bioassay techniques. *Asian Journal of Biological Sciences*. 2:81-87. ISSN: 1996-3351. DOI: 10.3923/ajbs.2009.81.87
- ZHANG ZQ. 2000. Notes on *Varroa destructor* (*Acari: Varroidae*) parasitic on honeybees in New Zealand. *Systematic and Applied Ácarology Special Publications*. 5:9-14. ISSN: 1461-1183. DOI: 10.11158/saasp.5.1.2