

FRECUENCIA DE VARROOSIS Y NOSEMOSIS EN COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS (*Apis mellifera*) EN EL ESTADO DE ZACATECAS, MÉXICO

FREQUENCY OF VARROATOSIS AND NOSEMOSIS IN HONEYBEE (*Apis mellifera*) COLONIES IN THE STATE OF ZACATECAS, MEXICO

Carlos A. Medina-Flores¹; Ernesto Guzmán-Novoa²; Laura G. Espinosa-Montaño³; José L. Uribe-Rubio⁴; Ramón Gutiérrez-Luna¹; Francisco J. Gutiérrez-Piña¹.

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo km 31.5, El Cordovel, Enrique Estrada. C. P. 98500 Zacatecas, MÉXICO. Correo-e: carlosmedina1@hotmail.com Tel.: 478 98 50202 (Autor para correspondencia).

²School of Environmental Sciences, University of Guelph. Guelph, ON N1G 2W1, CANADÁ.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Circuito Exterior, Coyoacán. C. P. 04510. MÉXICO, D. F.

⁴Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP. km 1 carretera a Colón, col. Ajuchitlán, Colón. C. P. 76280. Querétaro, MÉXICO.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la frecuencia y grado de infestación de varroosis (*Varroa destructor*) e infección de nosemosis (*Nosema* spp.) en colonias de abejas (*Apis mellifera*) del estado de Zacatecas, durante el otoño y la primavera. Se inspeccionaron 299 colonias comerciales de abejas distribuidas en 15 municipios pertenecientes a tres zonas ecológicas: 1) zona semiseca templada, 2) zona semiseca semicálida y 3) zona subhúmeda templada. La prevalencia general fue 2.3 % para la nosemosis y 88 % para la varroosis. El nivel de infestación de varroa varió significativamente ($P = 0.05$) entre el otoño y la primavera, y entre zonas sólo varió en la primavera ($P < 0.001$). Durante el otoño, 44 % de las colonias presentaron niveles de infestación ≥ 5 %, mientras que en la primavera sólo 28 % superó dicho nivel. *Nosema* spp. se observó solamente en 4.7 % de la población analizada en primavera; la mayoría de los casos (86 %) se detectó en la zona semiseca semicálida. Los resultados indican que la varroosis es la parasitosis más común de las abejas melíferas adultas en Zacatecas. La nosemosis no representa un problema serio para la apicultura de la entidad, debido a la baja frecuencia.

PALABRAS CLAVE: Zonas ecológicas, otoño y primavera, *Nosema* spp., *Varroa destructor*.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the frequency and degree of infestation of varroosis (*Varroa destructor*) and infection of nosemosis (*Nosema* spp.) in honeybee (*Apis mellifera*) colonies in the state of Zacatecas during the fall and spring. We inspected 299 commercial honeybee colonies located in 15 municipalities in the state of Zacatecas and in three different ecological zones: 1) temperate semi-dry, 2) semi-warm semi-dry, and 3) temperate sub-humid. Results showed a general prevalence of 2.3 % for nosemosis and 88 % for varroosis. The varroa infestation level varied significantly ($P = 0.05$) between fall and spring, and among zones only during the spring ($P < 0.001$). Infestation levels of 5 % or higher were found in 44 % of the colonies during fall, while 28 % of them exceeded 5 % infestation levels in spring. *Nosema* spp. was only observed in 4.7 % of the sampled population in spring; most of the cases (86 %) were detected in the semi-warm semi-dry zone. The results of this study indicate that varroosis is the most common parasitic disease of adult honeybees in the state of Zacatecas. Nosemosis does not pose a serious problem for beekeeping in the state, due to its low frequency.

KEYWORDS: Ecological zones, fall and spring, *Nosema* spp., *Varroa destructor*.



Recibido: 27 de agosto, 2013
 Aceptado: 3 de septiembre, 2014
 doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.08.028
<http://www.chapingo.mx/revistas>

INTRODUCCIÓN

El estado de Zacatecas se ubica como el segundo productor de miel en el norte del país con una producción anual de 1,603 t; la entidad ocupa el onceavo sitio en la República mexicana (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2011). La actividad apícola en México enfrenta diversos problemas, entre los cuales destaca la falta de desarrollo e implementación de técnicas de manejo que contribuyan al incremento de la productividad y la africanización (Uribe, Guzmán-Novoa, Hunt, Correa, & Zozaya, 2003) y, al igual que en otros países, al control de problemas sanitarios (Gris, Guzmán-Novoa, Correa, & Zozaya, 2004; VanEngelsdorp & Meixner, 2010). Respecto a los problemas sanitarios, en particular aquellos que afectan a las abejas adultas, el ácaro *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) (Anderson & Trueman, 2000), causante de la varroosis, es considerado el más dañino para las colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el mundo (De Jong, 1997). Por otra parte, el microsporidio *Nosema apis* Zander provoca la nosemosis, una de las enfermedades de mayor difusión en el mundo. *Nosema ceranae* (Microspora: Nosematidae) ha sido recientemente asociado al síndrome del colapso, causante de gran mortalidad de las colonias de *A. mellifera* en varios países (Higes, Martín-Hernández, Garrido-Bailón, García-Palencia, & Meana, 2008; Paxton, 2010).

En la república mexicana existen la varroosis y la nosemosis (Chihu, Rojas, & Rodríguez, 1992; Matheson, 1993; Organización Mundial de Salud Animal [OIE], 2008; Ruíz-Flores et al., 2012), por lo que puede suponerse que en Zacatecas también ocurren. Sin embargo, no existen reportes acerca de la presencia, distribución y niveles de infestación de abejas en la entidad. Por lo anterior, resulta importante la realización de estudios epizootiológicos que permitan conocer dichas enfermedades de manera cualitativa y cuantitativa en el estado de Zacatecas. Estos estudios generarán información necesaria para proponer estrategias de prevención y control. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la frecuencia y grado de infestación de varroosis e infección de nosemosis en las abejas *A. mellifera* durante las dos épocas de floración y en las tres zonas de mayor importancia apícola del estado de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y muestreo

Se recolectaron muestras de 25 apiarios de colonias comerciales de abejas en dos ocasiones; a mediados de otoño del 2010 (n = 151 colonias) y a mediados de la primavera del 2011 (n = 148 colonias). Las muestras de abejas se recolectaron del 20 % del total de colonias de cada apiario. El 90 % de las colonias se muestrearon en otoño y primavera. Las colonias estudiadas pertenecían a diferentes productores, por lo que la edad, origen de las reinas, el manejo sanitario y productivo, en general, fueron diferentes. En ambos muestreos, las

INTRODUCTION

The state of Zacatecas ranks as the second largest honey producer in northern Mexico with an annual production of 1,603 t, and is the eleventh largest producer in the country (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2011). Beekeeping in Mexico faces several problems, highlighted by the lack of development and implementation of management techniques that contribute to increased productivity and Africanization (Uribe, Guzmán-Novoa, Hunt, Correa, & Zozaya, 2003) and, as in other countries, the control of health problems (Gris, Guzmán-Novoa, Correa, & Zozaya, 2004; VanEngelsdorp & Meixner, 2010). Regarding health problems, particularly those affecting adult bees, the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) (Anderson & Trueman, 2000), which causes varroosis, is considered to be the most harmful to honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies in the world (De Jong, 1997). On the other hand, the microsporidian *Nosema apis* Zander causes nosemosis, one of the most widespread diseases in the world. *Nosema ceranae* (Microspora: Nosematidae) has been recently linked to colony collapse disorder, which causes high mortality of *A. mellifera* colonies in several countries (Higes, Martín-Hernández, Garrido-Bailón, García-Palencia, & Meana, 2008; Paxton, 2010).

In Mexico, both varroosis and nosemosis exist (Chihu, Rojas, & Rodríguez, 1992; Matheson, 1993; Organización Mundial de Salud Animal [OIE], 2008; Ruíz-Flores et al., 2012), so it can be assumed that they also occur in Zacatecas. However, there are no reports about the presence, distribution and levels of infestation of bees in the state. Due to the above, it is important to conduct epizootiological studies to learn more about these diseases both qualitatively and quantitatively in the state of Zacatecas. These studies generate information necessary to propose strategies for prevention and control. Therefore, the aim of this study was to determine the frequency and degree of varroosis infestation and nosemosis infection in honeybees (*A. mellifera*) during the two blossom periods and in the three zones of greatest importance for beekeeping in the state of Zacatecas.

MATERIALS AND METHODS

Location and sampling

Bee colony samples were collected from 25 commercial apiaries on two occasions; mid-fall of 2010 (n = 151 colonies) and in mid-spring 2011 (n = 148 colonies). Bee samples were collected from 20 % of the total number of colonies of each apiary. Also, 90 % of the colonies that were sampled in fall were also sampled in spring. The sampled colonies belong to different producers, so the age, source of the queens and, in general, health and production management practices were different. In both samples, the colonies were located in 15 municipalities in three ecological zones in the state of Zacatecas:

colonias se encontraban distribuidas en 15 municipios pertenecientes a tres zonas ecológicas del estado de Zacatecas:

Zona semiseca templada.

Esta área es la de mayor extensión en el territorio estatal (60 % de la superficie) y es la más árida. La precipitación y temperatura media anual son de 469 mm y 15 °C, respectivamente, y el tipo de vegetación dominante es el pastizal mediano abierto (INEGI, 2005). La evaluación y la toma de muestras se realizaron en colonias de abejas distribuidas en los municipios de Fresnillo, Villanueva, Villa García, Guadalupe, Ojo Caliente y Zacatecas.

Zona semiseca semicálida.

Esta zona se encuentra al sur del estado y se caracteriza por tener precipitación media anual de 704 mm y temperatura de 19.5 °C; el tipo de vegetación es selva baja caducifolia (INEGI, 2005). Las colonias muestreadas estaban ubicadas en los municipios de Tabasco, Jalpa, Juchipila y Moyahua.

Zona subhúmeda templada.

La zona se caracteriza por presentar precipitación media anual de 680 mm, temperatura de 18 °C y vegetación tipo bosque latifoliado esclerófilo caducifolio (INEGI, 2005). Los datos fueron tomados en los municipios de Tepechitlán, Tlantenango, Momax, Nochistlán y Valparaíso.

Diagnóstico de varroosis y nosemosis

El diagnóstico y cuantificación del nivel de infestación por *V. destructor*, así como el diagnóstico de *Nosema* spp. en cada colonia, se hicieron a través de la colecta de una muestra de aproximadamente 250 abejas adultas de los panales contiguos al área de cría. Los panales laterales de las colmenas tienen abejas de edad intermedia y viejas (Winston, 1991), por lo que tienen mayor probabilidad de estar infestadas con varroa e infectadas con *Nosema* spp., que las abejas jóvenes del centro del nido de cría. Las muestras fueron conservadas en etanol al 75 %.

El nivel de infestación por *V. destructor* en abejas adultas se determinó mediante la metodología descrita por De Jong, Roma, y Goncalves (1982). Esta técnica consiste en agitar mecánicamente cada muestra de abejas en alcohol al 75 % durante 15 min a 180 rpm, para desprender los ácaros adheridos al cuerpo y, posteriormente, verter el alcohol a través de una coladera, para registrar el número de ácaros. El porcentaje de infestación se determinó mediante el conteo total de ácaros encontrados en la tela, dividido entre el número de abejas analizadas y multiplicado por 100 (De Jong et al., 1982).

La presencia o ausencia de esporas de *Nosema* spp. se determinó en 25 abdómenes de abejas de cada muestra, los cuales fueron macerados con 25 mL de agua destilada. El macera-

Temperate semi-dry zone.

This area is the largest in the state territory (60 % of the surface) and also the driest. Average annual precipitation and temperature are 469 mm and 15 °C, respectively, and the dominant type of vegetation is semi-open grassland (INEGI, 2005). The evaluation and sampling were conducted in bee colonies located in the municipalities of Fresnillo, Villanueva, Villa García, Guadalupe, Ojo Caliente and Zacatecas.

Semi-warm semi-dry zone.

This area is located in the southern part of the state and is characterized by average annual rainfall and temperature of 704 mm and 19.5 °C, respectively; the vegetation type is tropical deciduous forest (INEGI, 2005). The sampled colonies were located in the municipalities of Tabasco, Jalpa, Juchipila and Moyahua.

Temperate sub-humid zone.

The area is characterized by average annual rainfall and temperature of 680 mm and 18 °C, respectively, and the dominant vegetation type is sclerophyllous broadleaf deciduous forest (INEGI, 2005). The data were taken in the municipalities of Tepechitlán, Tlantenango, Momax, Nochistlán and Valparaíso.

Diagnosis of varroosis and nosemosis

The diagnosis and quantification of the level of infestation by *V. destructor*, as well as the diagnosis of *Nosema* spp. in each colony, were made by collecting a sample of approximately 250 adult bees from combs adjacent to the brood area. The side combs of the hives have middle-aged and old bees (Winston, 1991), which are thus more likely to be infested with varroa and infected with *Nosema* spp., than young bees from the center of the brood nest. The samples were preserved in 75 % ethanol.

The level of infestation by *V. destructor* in adult bees was determined using the method described by De Jong, Roma, and Goncalves (1982). This technique involves mechanically shaking each honeybee sample in 75 % alcohol for 15 min at 180 rpm to dislodge the mites adhering to the body, and subsequently pouring the alcohol through a mesh to record the number of mites. The percentage of infestation was determined by the total count of mites found on the cloth divided by the number of bees analyzed and multiplied by 100 (De Jong et al., 1982).

The presence or absence of *Nosema* spp. spores was determined in 25 bee abdomens taken from each sample, which were macerated with 25 mL of distilled water. The mash was homogenized by constantly shaking it for 1 min, then a drop of it was placed on a glass slide for visual examination with a microscope (Motic, BA-310, USA) at 400 X. The spores

do se homogeneizó, agitándolo constantemente durante 1 min, posteriormente se colocó una gota del mismo en un portaobjetos, para examinarla visualmente con un microscopio (Motic, BA-310, EUA) a 400 X. Las esporas fueron identificadas con base en su tamaño y morfología, y por su característica de refringencia (Guzmán-Novoa, Zozaya, Anguiano-Baez, & Vasquez-Valencia, 2012).

Análisis estadístico

Los resultados fueron transformados con la función arco-seno de la raíz cuadrada y se sometieron a un análisis de varianza, para determinar diferencias estadísticas entre las tres zonas, respecto a la frecuencia de las enfermedades en estudio. También se usó una prueba de "t" de Student para determinar diferencias entre el otoño y la primavera (Statistical Analysis System [SAS Institute], 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en el presente trabajo revelan que la varroosis ocurre con mayor frecuencia que la nosemosis en las tres zonas del estado de Zacatecas. El ácaro *V. destructor* se detectó en 97 % de las colonias muestreadas en otoño y en 79 % de las muestreadas en primavera, mientras que *Nosema* spp. se observó solamente en 4.7 % de la población analizada en primavera; la mayoría de los casos de nosemosis (86 %) se detectó en la zona semiseca semicálida. Por lo anterior, el nivel de infección de *Nosema* spp. no fue determinado, ya que con los resultados tan limitados en frecuencia y distribución, no era posible identificar alguna tendencia del efecto de la zona o época del año sobre el posible impacto de la enfermedad. El Cuadro 1 muestra la prevalencia de varroa y nosemosis durante el otoño y la primavera en las tres zonas muestreadas.

La Figura 1 presenta los niveles medios de infestación por el ácaro durante las dos estaciones en las tres zonas de estudio del estado de Zacatecas. La figura muestra que, independientemente de la zona a la que pertenecían las colonias, la infestación fue significativamente más elevada durante el otoño que en la primavera ($t = 1.37$, $P = 0.05$); el nivel de infestación del parásito en otoño fue 5.02 ± 0.03 % y en la primavera de 3.51 ± 0.03 %. En ambas estaciones, la infestación más baja fue 0 %; mientras que la más alta fue 19.85

were identified based on their size and morphology, and their characteristic refringency (Guzmán-Novoa, Zozaya, Anguiano-Baez, & Vasquez-Valencia, 2012).

Statistical analysis

The results were transformed with the arcsine square-root function and subjected to an analysis of variance to determine statistical differences among the three zones, relative to the frequency of the diseases under study. A Student's *t*-test was also used to determine differences between fall and spring (Statistical Analysis System [SAS Institute], 2002).

RESULTS AND DISCUSSION

The results found in this study reveal that varroosis occurs with greater frequency than nosemosis in the three zones in the state of Zacatecas. The *V. destructor* mite was detected in 97 % of the sampled colonies in fall and in 79 % of them in spring, whereas *Nosema* spp. was only observed in 4.7 % of the analyzed population in spring; most nose-mosis cases (86 %) were detected in the semi-warm semi-dry zone. Therefore, the level of *Nosema* spp. infection was not determined, since results so limited in frequency and distribution made it impossible to identify any trend in terms of the effect of the zone or time of year on the possible impact of the disease. Table 1 shows the prevalence of varroa and nosemosis during the fall and spring in the three zones sampled.

Figure 1 shows the mean levels of infestation by the mite during the two seasons in the three study zones in the state of Zacatecas. The figure shows that regardless of the zone to which the colonies belong, the infestation was significantly higher in fall than in spring ($t = 1.37$, $P = 0.05$); the level of infestation by the parasite in fall was 5.02 ± 0.03 % and in spring 3.51 ± 0.03 %. In both seasons, the lowest infestation was 0 %, while the highest was 19.85 and 29.18 %, in spring and fall, respectively. Also, 44 % of the colonies showed infestation levels ≥ 5 % during the fall, while in spring only 28 % of the colonies exceeded that level. It was also noted that varroa infestation varied significantly among zones, but only during spring ($F_{2,147} = 20.62$, $P < 0.001$), with the lowest infestation level in the temperate semi-dry zone.

CUADRO 1. Prevalencia de varroosis y nosemosis en colonias de abejas melíferas de tres zonas del estado de Zacatecas, durante otoño y primavera.

TABLE 1. Prevalence of varroosis and nosemosis in honeybee colonies in three zones in the state of Zacatecas, during fall and spring.

Enfermedad / Disease	Semiseca semicálida / Semi-warm semi-dry		Semiseca templada / Temperate semi-dry		Subhúmeda templada / Temperate sub-humid	
	Otoño / Fall n = 51	Primavera / Spring n = 50	Otoño / Fall n = 50	Primavera / Spring n = 49	Otoño / Fall n = 50	Primavera / Spring n = 49
Varroosis (%)	100	92	92	63	100	81
Nosemosis (%)	0	12	0	0	0	2

y 29.18 %, en primavera y otoño, respectivamente. Asimismo, 44 % de las colonias presentaron niveles de infestación ≥ 5 % durante el otoño, mientras que en la primavera solo 28 % de las colonias superaron dicho nivel. También se observó que la infestación de varroa varió significativamente entre zonas, pero solo durante la primavera ($F_{2,147} = 20.62$, $P < 0.001$), con el nivel más bajo de infestación en la zona semiseca templada.

La baja frecuencia de casos positivos con presencia de esporas de *Nosema* spp. (4.7 % en primavera y 0 % en otoño) en las colonias de abejas muestreadas en Zacatecas, sugiere que tal enfermedad no es de consideración para la entidad. Sin embargo, hay que vigilar y realizar muestreos en el futuro, ya que la nosemosis ha adquirido relevancia en años recientes, debido al hallazgo de la nueva especie *N. ceranae* que parece estar desplazando a *N. apis* y que probablemente sea más patogénica que ésta (Higes, Martín-Hernández, & Meana, 2010; Martín-Hernández et al., 2012). En otros estados de la república, la nosemosis parece ser más prevalente y pudiera ser más dañina para las colonias de abejas, en comparación con Zacatecas. En un muestreo realizado en el estado de Yucatán, en 1990, se reportó prevalencia de 14.4 % en colonias comerciales (García & Quezada-Euan, 1993) y en el 2006 ya había aumentado a 74 % (Puc, Medina, & Ventura, 2011). En otro muestreo realizado en 2004, en colonias de abejas de los estados de Morelos, Hidalgo, México y Distrito Federal, se encontró que 68.7 % de las colonias analizadas fueron positivas a la presencia de esporas de *Nosema* spp., de las cuales, 6 % fueron positivas a *N. apis*, y 94 % resultaron positivas a *N. ceranae* (Guzmán-Novoa et al., 2011), lo cual revela que esta especie es la dominante en el centro de la república mexicana. Bailey y Ball (1991) reportaron que existe correlación entre la precipitación pluvial y la incidencia y grado de infección de *N. apis*. Esto coincide con lo encontrado en el presente trabajo ya que el mayor número de casos de nosemosis se observó en la zona con mayor precipitación pluvial (semiseca semicálida). En el estado de Zacatecas existe una baja precipitación pluvial respecto a otras regiones del país donde la presencia de la nosemosis es más frecuente (por ejemplo, Yucatán). La baja precipitación en el estado posiblemente explique la poca prevalencia de la enfermedad, pues debido a el periodo de encierro de las abejas es menos prolongado, lo cual probablemente conlleva a una menor frecuencia, reproducción y diseminación de *Nosema* spp.

La varroosis representa el principal problema sanitario para la apicultura a nivel mundial (De Jong, 1997). La alta prevalencia y niveles de infestación de varroa encontrados en el presente trabajo sugieren que en Zacatecas, la varroosis también constituye un problema sanitario importante tanto en la primavera como en el otoño. En la entidad no se ha cuantificado la asociación de la varroosis con la mortalidad de las colonias; sin embargo, estudios realizados en otros países revelan que la infestación de varroa es la principal causa de muerte de colonias de abejas, ya que está asociada a

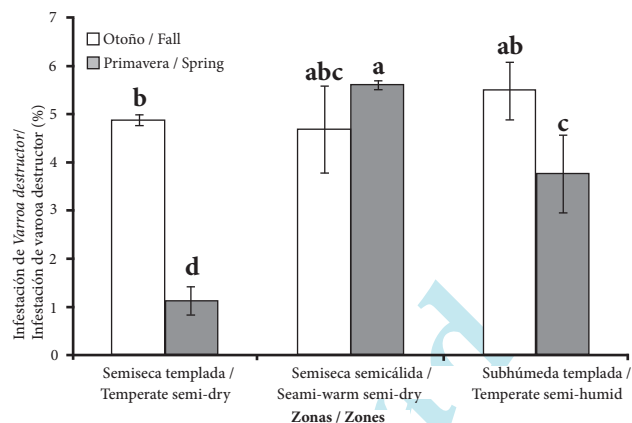


FIGURA 1. Infestación de varroosis en colonias ($n = 299$) de abejas melíferas de tres zonas del estado de Zacatecas, durante otoño y primavera. Diferentes literales indican diferencias significativas entre zonas ($P < 0.001$).

FIGURE 1. Infestation of varroosis in honeybee colonies ($n = 299$) in three zones in the state of Zacatecas, during fall and spring. Different letters indicate significant differences among zones ($P < 0.001$).

The low frequency of positive cases with presence of *Nosema* spp. spores (4.7 % in spring and 0 % in fall) in the honeybee colonies sampled in Zacatecas suggests that this disease is not a problem for the state. However, monitoring and sampling work needs to be conducted in the future as nosemosis has taken on greater significance in recent years due to the discovery of the new species *N. ceranae*, which seems to be displacing *N. apis* and is probably more pathogenic than it (Higes, Martín-Hernández, & Meana, 2010; Martín-Hernández et al., 2012). In other states of the republic, nosemosis appears to be more prevalent and could be more harmful to bee colonies, compared to Zacatecas. In sampling conducted in the state of Yucatan in 1990, 14.4 % prevalence was reported in commercial colonies (García & Quezada-Euan, 1993) and in 2006 it had already risen to 74 % (Puc, Medina, & Ventura, 2011). In another sampling conducted in 2004, in honeybee colonies in the states of Morelos, Hidalgo, and Mexico, as well as Mexico City, it was found that 68.7 % of the sampled colonies tested positive for the presence of *Nosema* spp. spores, of which 6 % were positive for *N. apis* and 94 % for *N. ceranae* (Guzmán-Novoa et al., 2011), which shows that this species is dominant in central Mexico. Bailey and Ball (1991) reported that there is a correlation between rainfall and the incidence and degree of *N. apis* infection. This coincides with the findings in the present study as the largest number of nosemosis cases was observed in the zone with the highest rainfall (semi-warm semi-dry). In the state of Zacatecas there is low rainfall compared to other regions of the country where the presence of nosemosis is more frequent (e.g., Yucatan). The low rainfall in the state may explain the low prevalence of the disease, because, due to this reason, the period of bee confinement is less prolonged, which probably leads to a lower frequency, reproduction and spread of *Nosema* spp.

más de 85 % de los casos de mortalidad (Guzmán-Novoa et al., 2010). La presencia de varroosis en el territorio nacional es generalizada, debido a las características reproductivas de las abejas melíferas (Guzmán-Novoa, 2007), a la movilización de colonias e intercambio de panales entre los productores, al pillaje y a la presencia de colonias silvestres. Esta conclusión se basa en observaciones de los apicultores en muestreos de la SAGARPA y en diversas investigaciones, como la realizada en siete regiones del estado de Yucatán, en 1996, donde se encontró que la prevalencia de la varroosis fue de 67.8 % (Medina, 1998). Recientemente, en la misma entidad, Puc et al. (2011) encontraron una prevalencia similar (63 %), analizaron colonias silvestres y encontraron que la frecuencia de colonias positivas a la presencia del ácaro fue ligeramente menor (55 %).

Con relación con los niveles de infestación de varroa, la NOM-001-ZOO-1994 (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos [SARH], 1994) recomienda que a partir de 5 % de infestación en abejas adultas, se implemente algún tratamiento contra la enfermedad en las colonias. En el presente estudio, la proporción de colonias con niveles de infestación de varroa superiores a 5 % fue más alta en otoño (44 %) que en primavera (27 %), lo cual sugiere que el control de la parasitosis podría ser indispensable antes del otoño, que antes de primavera; Sin embargo, debe considerarse que los niveles reducidos de infestación de varroa en abejas adultas en primavera, pudieron deberse al ritmo anual de cría de las colonias, influenciado por las condiciones ambientales y alimenticias (Calatayud & Verdú, 1992). Al reducirse la cantidad de crías disponibles para que el ácaro se introduzca y se reproduzca en las celdas durante el otoño, el tiempo de forosis del parásito se incrementa, por lo que existe mayor cantidad de ácaros en las abejas adultas (Junkes, Guerra, & Moretto, 2007). Además, cuando la población de la colonia se reduce, el nivel de infestación se incrementa debido a una mayor concentración de los ácaros en las abejas (Marcangeli, Eguaras, & Fernández, 1992; Moretto, Gonçalves, De Jong, & Bichuette, 1991). Este fenómeno pudo haber ocurrido durante el otoño en el presente estudio. Aunado a lo anterior, se observó que durante la primavera, el nivel de infestación de varroa fue significativamente más bajo en la zona semiseca templada que en las otras dos zonas (Figura 1), lo que probablemente se deba a que el desarrollo poblacional del ácaro en climas templados es menos constante en comparación con las zonas de clima cálido y húmedo, donde existe cría disponible para su reproducción de manera continua (Kraus & Page, 1995; Szabo & Walker, 1996).

Diversos estudios realizados en México demuestran importantes variaciones en los niveles de infestación de varroa tanto en abejas africanizadas como en europeas (Corrêa-Marques & De Jong, 1998; Guzmán-Novoa, Vandame, & Arechavaleta-Velazco, 1999; Medina-Flores, Guzmán-Novoa, Aréchiga-Flores, Aguilera-Soto, & Gutiérrez-Piña, 2011; Puc et al., 2011). Dentro de los factores que se han descrito como causantes de la variación se encuentra el genotipo de las abejas (Marcangeli, 1999; Moretto & Mello, 1999). Recientemente, en un trabajo paralelo al presente estudio se determinó el efecto del genotipo y la zona ecológica sobre los niveles de

Varroatosis is the biggest health problem for beekeeping worldwide (De Jong, 1997). The high prevalence and infestation levels of varroa found in this study suggest that, in Zacatecas, varroatosis also constitutes a major health problem in both spring and fall. In the state, the association of varroatosis with colony mortality has not been quantified; however, studies in other countries reveal that varroatosis infestation is the leading cause of death of honeybee colonies, as it is associated with more than 85 % of mortality cases (Guzmán-Novoa et al., 2010). The presence of varroatosis in Mexico is widespread, due to the reproductive characteristics of honeybees (Guzmán-Novoa, 2007), the mobilization of colonies and sharing of combs among producers, looting and the presence of wild colonies. This conclusion is based on beekeeper observations in SAGARPA samplings and various studies, such as one carried out in seven regions of the state of Yucatan in 1996, where it was found that the prevalence of varroatosis was 67.8 % (Medina, 1998). Recently, in the same state, Puc et al. (2011) found a similar prevalence (63 %); they analyzed wild colonies and found that the frequency of colonies that tested positive for the presence of the mite was slightly lower (55 %).

In relation to varroatosis infestation levels, the NOM-001-ZOO-1994 (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos [SARH], 1994) recommends that from 5 % infestation in adult bees that some treatment be implemented against the disease in the colonies. In the present study, the proportion of colonies with varroa infestation levels greater than 5 % was higher in fall (44 %) than spring (27 %), suggesting that the control of the parasite may be necessary before autumn, rather than before spring. However, it should be considered that reduced varroa infestation levels in adult bees in spring could be due to the annual breeding rate of the colonies, influenced by environmental and food conditions (Calatayud & Verdú, 1992). By reducing the number of offspring available, for the mite to enter and reproduce in the cells during the fall, the phoresis time of the parasite increases, so there is a greater number of mites in adult bees (Junkes, Guerra, & Moretto, 2007). In addition, when the population of the colony decreases, the level of infestation increases due to a higher concentration of the mites in the bees (Marcangeli, Eguaras, & Fernández, 1992; Moretto, Gonçalves, De Jong, & Bichuette, 1991). This phenomenon may have occurred during the fall in the present study. In addition to this, we observed that during the spring, the varroa infestation level was significantly lower in the temperate semi-dry zone than in the other two zones (Figure 1), which is probably because the population growth of the mite in temperate climates is less constant compared to the warmer, more humid climate zones, where there are offspring available for their continuous reproduction (Kraus & Page, 1995; Szabo & Walker, 1996).

Various studies conducted in Mexico show significant variations in varroa infestation levels in both Africanized and European bees (Corrêa-Marques & De Jong, 1998; Guzmán-Novoa, Vandame, & Arechavaleta-Velazco, 1999; Medina-

infestación de varroa en Zacatecas y se observó que independientemente de la zona donde se encontraban, las colonias con genotipo africano presentaron niveles de infestación inferiores a las colonias europeas (Medina-Flores, Guzmán-Novoa, Hamiduzzaman, Aréchiga-Flores, & López-Carlos, 2014). Las colonias de abejas africanizadas presentan menores cargas poblacionales de ácaros en comparación con las colonias de abejas europeas (De Jong & Soares, 1997; Moretto & Mello, 2000) debido a la alta frecuencia de enjambrazón y hábitos migratorios (Cobey, 2001; Fries, Hansen, Imdorf, & Rosenkranz, 2003), a que expresan en mayor medida comportamiento higiénico (Aumeier, Rosenkranz, & Gonçalves, 2000; Spivak & Reuter, 2001; Vandame, Morand, Colin, & Belzunces, 2002) y acicalamiento (Arechavaleta-Velasco & Guzmán-Novoa, 2001; Guzman-Novoa, Emsen, Unger, Espinosa-Montaño, & Petukhova, 2012), así como menor susceptibilidad a la invasión y reproducción del ácaro (Behrens et al., 2011; Guzmán-Novoa et al., 1999; Medina & Martin, 1999). Las colonias africanizadas en México pueden regular las poblaciones de ácaros en tal forma que la mayoría de las colonias pueden sobrevivir sin tratamiento, aunque esto no ha sido el caso de las colonias europeas (Guzmán-Novoa et al., 1999). Sin embargo, esto no significa que el ácaro no cause daño a las colonias de abejas africanizadas; Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa (2000), en un estudio realizado en Valle de Bravo en el Estado de México, encontraron que colonias tratadas con fluvalinato (Apistan[®], Novartis) produjeron 66 % más miel que las colonias no tratadas. En otro estudio en Zacatecas, se encontró correlación negativa entre la producción de miel y los niveles de infestación de varroosis en las colonias de abejas (Medina-Flores et al., 2011).

Los resultados del presente estudio muestran claramente que la varroosis es la enfermedad más frecuente detectada en colonias de *A. mellifera* en Zacatecas. Los niveles de infestación rebasan los límites considerados dañinos, particularmente en otoño. Es necesario hacer futuros trabajos para confirmar esta conclusión y determinar el impacto de varroa sobre las colonias. Mientras tanto, se sugiere que los productores apícolas determinen, periódicamente, el nivel de infestación de varroa en sus colonias, con el objeto de definir el momento oportuno para aplicar un tratamiento. También podrían detectarse y seleccionarse colonias con niveles bajos de infestación con el propósito de incorporarlas a programas de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados se concluye que de las dos patologías estudiadas, la varroosis constituye el problema sanitario más frecuente de las colonias de abejas melíferas en Zacatecas. La frecuencia de esta parasitosis en las colonias analizadas fue de 88 % y los niveles de infestación más elevados se observaron durante el otoño, cuando 44 % de las colonias presentaron niveles ≥ 5 %, mientras que en primavera, 28 % de las colonias superó dicho nivel. La nosemosis no parece ser un serio problema para la apicultura en Zacatecas, debido a la baja frecuencia (2.3 %).

Flores, Guzmán-Novoa, Aréchiga-Flores, Aguilera-Soto, & Gutiérrez-Piña, 2011; Puc et al., 2011). Among the factors that have been cited as the cause of the variation is the genotype of the bees (Marcangeli, 1999; Moretto & Mello, 1999). Recently, a study parallel to the present one analyzed the effect of genotype and ecological zone on varroa infestation levels in Zacatecas, determining that regardless of the zone where they were found, colonies with the African genotype had lower infestation levels than the European colonies (Medina-Flores, Guzmán-Novoa, Hamiduzzaman, Aréchiga-Flores, & López-Carlos, 2014). Africanized bee colonies have lower mite population loads than European honeybee colonies (De Jong & Soares, 1997; Moretto & Mello, 2000) due to their high swarming frequency and migratory habits (Cobey, 2001; Fries, Hansen, Imdorf, & Rosenkranz, 2003), their greater degree of hygienic behavior (Aumeier, Rosenkranz, & Gonçalves, 2000; Spivak & Reuter, 2001; Vandame, Morand, Colin, & Belzunces, 2002) and grooming (Arechavaleta-Velasco & Guzmán-Novoa, 2001; Guzman-Novoa, Emsen, Unger, Espinosa-Montaño, & Petukhova, 2012), and their lower susceptibility to mite invasion and reproduction (Behrens et al., 2011; Guzmán-Novoa et al., 1999; Medina & Martin, 1999). Africanized colonies in Mexico can regulate mite populations in such a way that most of the colonies can survive without treatment, although this has not been the case in European colonies (Guzmán-Novoa et al., 1999). However, this does not mean that the mite does not cause damage to Africanized bee colonies; Arechavaleta-Velasco and Guzmán-Novoa (2000), in a study conducted in Valle de Bravo in the state of Mexico, found that colonies treated with fluvalinate (Apistan[®], Novartis) produced 66 % more honey than untreated colonies. In another study in Zacatecas, a negative correlation between honey production and varroosis infestation levels in bee colonies was found (Medina-Flores et al., 2011).

The results of this study clearly show that varroosis is the most common disease detected in *A. mellifera* colonies in Zacatecas. Infestation levels exceed the limits considered harmful, particularly in fall. Further work needs to be done to confirm this conclusion and to determine the impact of varroa on the colonies. In the meantime, we suggest that beekeepers periodically determine the varroa infestation level in their colonies, in order to define the appropriate time to apply a treatment. Moreover, colonies with low infestation levels could be detected and selected in order to incorporate them into breeding programs.

CONCLUSIONS

Based on the results we conclude that of the two diseases studied, varroosis is the most common health problem of honey bee colonies in Zacatecas. The frequency of this parasitosis in the sampled colonies was 88 % and higher infestation levels were observed during the fall, when 44 % of the colonies had levels ≥ 5 %, while in spring, 28 % of the colonies exceeded that level. Nosemosis does not appear to pose a serious problem for beekeeping in Zacatecas, due to its low frequency (2.3 %).

End of English Version

REFERENCES

- Anderson, D. L., & Trueman, W. H. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology*, 24, 165–189. doi:10.1023/A:1006456720416
- Arechavaleta-Velasco, M. E., & Guzmán-Novoa, E. (2000). Producción de miel de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con flualinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. *Veterinaria México*, 31(4), 381–384. Obtenido de <http://www.mediagraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2000/vm004m.pdf>
- Arechavaleta-Velasco, M. E., & Guzmán-Novoa, E. (2001). Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Apidologie*, 32, 157–174. doi: 10.1051/apido:2001121
- Aumeier, P., Rosenkranz, P., & Gonçalves, L. S. (2000). A comparison of the hygienic response of Africanized and European (*Apis mellifera carnica*) honey bees to *Varroa*-infested brood in tropical Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 23(4), 787–791. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/gmb/v23n4/6230.pdf>
- Bailey, L., & Ball, B. V. (1991). Honey bee pathology (2a ed.). London: Academic Press.
- Behrens, D., Huang, Q., Gebner, C., Rosenkranz, P., Frey, E., Locke, B., Kraus, F. B. (2011). Three QTL in the honey bee *Apis mellifera* L. suppress reproduction of the parasitic mite *Varroa destructor*. *Ecology and Evolution*, 1(4), 451–458. doi: 10.1002/ece3.17
- Calatayud, F., & Verdú, M. J. (1992). Evolución anual de parámetros poblacionales de colonias *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) parasitadas por *Varroa jacobsoni* Oud. (Mesostigmata: Varroidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 18, 777–788.
- Chihu, A. D., Rojas, A. L. M., & Rodríguez, D. S. (1992). Presencia en Veracruz, México del ácaro *Varroa jacobsoni*, causante de la varroosis de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). *Técnica Pecuaria México*, 30(2), 132–135.
- Cobey, S. (2001). The *Varroa* species complex: Identifying *Varroa destructor* and news strategies of control. *American Bee Journal*, 141(3), 194–196.
- Corrêa-Marques, M. H., & De Jong, D. (1998). Uncapping of worker bee brood, a component of the hygienic behavior of Africanized honey bees against the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. *Apidologie*, 29, 283–289. doi: 10.1051/apido:19980307
- De Jong, D. (1997). Mites: *Varroa* and other parasites of brood. In Morse, R. A., & Flottum K. (Eds.), *Honey bee pests, predators and diseases* (pp. 279–328). Ithaca, NY, USA: Root Publishing.
- De Jong, D., Roma, D. A., & Goncalves, L. S. (1982). A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honeybees. *Apidologie*, 13, 297–306. doi: 10.1051/apido:19820308
- De Jong, D., & Soares, E. A. (1997). An isolated population of Italian bees that has survived *Varroa jacobsoni* infestation without treatment for over 12 years. *American Bee Journal*, 137, 742–745. Obtenido de <http://www.imkervlaamsearch.be/images/pdf/De-Jong-bee-survive-varroa.pdf>
- Fries, I., Hansen, H., Imdorf, A., & Rosenkranz, P. (2003). Swarming in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden. *Apidologie*, 34, 389–398. doi: 10.1051/apido:2003032
- García, M. M., & Quezada-Euan, J. J. (1993). Distribución de la nosemosis en apiarios comerciales del estado de Yucatán. *Apicultura Moderna*, 5, 22–24.
- Gris, V. A. G., Guzmán-Novoa, E., Correa, B. A., & Zozaya, R. J. A. (2004). Efecto del uso de dos reinas en la población, peso, producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. *Técnica Pecuaria México*, 42(3), 361–377. Obtenido de <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200410183721.pdf>
- Guzmán-Novoa, E. (2007). *Elemental genetics and breeding for the honeybee*. Guelph, Ontario, Canada: Ontario Beekeepers Association.
- Guzmán-Novoa, E., Emsen, B., Unger, P., Espinosa-Montaño, L. G., & Petukhova, T. (2012). Genotypic variability and relationships between mite infestation levels, mite damage, grooming intensity, and removal of *Varroa destructor* mites in selected strains of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Invertebrate Pathology*, 110, 314–320. doi: 10.1016/j.jip.2012.03.020
- Guzmán-Novoa, E., Hamiduzzaman, M., Arechavaleta-Velasco, M. E., Koleoglu, G., Valizadeh, P., & Correa-Benítez, A. (2011). *Nosema ceranae* has parasitized Africanized honey bees in Mexico since at least 2004. *Journal of Apicultural Research*, 50(2), 167–169. doi: 10.3896/IBRA.1.50.2.09
- Guzmán-Novoa, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P. G., & Correa-Benítez A. (2010). *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie*, 41(4), 443–450. doi: 10.1051/apido/2009076
- Guzmán-Novoa, E., Vandame, R., & Arechavaleta-Velazco, M. (1999). Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in Mexico. *Apidologie*, 30, 173–182. doi: 10.1051/apido:19990207
- Guzmán-Novoa, E., Zozaya, J. A., Anguiano-Baez, R., & Vásquez-Valencia, I. (2012). Técnicas de diagnóstico de laboratorio de las enfermedades y parásitos de las abejas. En E. Guzmán-Novoa, & A. Correa-Benítez (Eds.), *Patología, diagnóstico y control de las principales enfermedades y plagas de las abejas melíferas*. México, D. F: Editorial Yire.
- Higes, M., Martín-Hernández, R., & Meana, A. (2010). *Nosema ceranae* in Europe: An emergent type C nosemosis. *Apidologie*, 41, 375–392. doi: 10.1051/apido/2010019
- Higes, M., Martín-Hernández, R., Garrido-Bailón, E., García-Palencia, P., & Meana, A. (2008). Detection of infective *Nosema ceranae* (Microsporidia) spores in corbicular pollen of forager honeybees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97, 76–78. doi: 10.1016/j.jip.2007.06.002
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Sistema para la consulta de los cuadernos estadísticos municipales y delegacionales, 2005. Consultado 15-08-2012

- en <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem05/nacional/index.htm>
- Junkes, L., Guerra, C. V., & Moretto, J. G. (2007). *Varroa destructor* mite mortality rate according to the amount of worker broods in Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 29, 305–308. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=187115762010>
- Kraus, B., & Page, R. E. (1995). Population growth of *Varroa jacobsoni* Oud in Mediterranean climates of California. *Apidologie*, 26, 149–157. doi: 10.1051/apido:19950208
- Marcangeli, J. A. (1999). Reproduction of the mite *Varroa jacobsoni* in hygienic honeybee colonies of *Apis mellifera*. *Apiacta*, 34, 21–25.
- Marcangeli, J. A., Eguaras, M. A., & Fernández, N. (1992). Reproduction of *Varroa jacobsoni* (Acari: Mesostigmata: Varroidae) in temperate climates of Argentina. *Apidologie*, 23, 57–60. doi: 10.1051/apido:19920106
- Martín-Hernández, R., Botias, C., Bailón, E. G., Martínez-Salvador, A., Prieto, L., Meana, A. A., & Higes, M. (2012). Microsporidia infecting *Apis mellifera*: Coexistence or competition. Is *Nosema ceranae* replacing *Nosema apis*? *Environmental Microbiology*, 14(8), 2127–2138. doi: 10.1111/j.1462-2920.2011.02645.x
- Matheson, A. (1993). World bee health report. *Bee World*, 74(4), 176–212.
- Medina, L. (1998). Frequency and infestation level of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in managed honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in Yucatan, Mexico. *American Bee Journal*, 138(2), 125–127.
- Medina, L., & Martin, S. A. (1999). A comparative study of *Varroa jacobsoni* reproduction in worker cells of honey bees (*Apis mellifera*) in England and Africanized bees in Yucatan, Mexico. *Experimental and Applied Acarology*, 23, 659–667. doi: 10.1023/A:1006275525463
- Medina-Flores, C. A., Guzmán-Novoa, E., Aréchiga-Flores, C., Aguilera-Soto, J., & Gutiérrez-Piña, F. (2011). Efecto del nivel de infestación de *Varroa destructor* sobre la producción de miel de colonias de *Apis mellifera* en el altiplano semiárido de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(3), 313–317. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v2n3/v2n3a6.pdf>
- Medina-Flores, C. A., Guzmán-Novoa, E., Hamiduzzaman, M. M., Aréchiga-Flores, C. F., & López-Carlos, M. A. (2014). Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological regions in Mexico. *Genetics and molecular research: GMR*, 13(3): 7282–7293. doi: 10.4238/2014.February.21.10
- Moretto, G., Gonçalves, L. S., De Jong, D., & Bichuette, M. Z. (1991). The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. *Apidologie*, 22, 197–203. doi: 10.1051/apido:19910303
- Moretto, G., & Mello, L. J. (1999). *Varroa jacobsoni* infestation of adult Africanized and Italian honey bees (*Apis mellifera*) in mixed colonies in Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 22, 321–323. doi: 10.1590/S1415-47571999000300006
- Moretto, G., & Mello, L. J. (2000). Resistance of Africanized bees (*Apis mellifera* L.) as a cause of mortality of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in Brazil. *American Bee Journal*, 140(11), 895–897.
- Organización Mundial de Salud Animal (OIE). (2008). Código sanitario para los animales terrestres 2008. Consultado 20-02-2013 en <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>
- Paxton, R. J. (2010). Does infection by *Nosema ceranae* cause “Colony Collapse Disorder” in honey bees (*Apis mellifera*)? *Journal of Apicultural Research*, 49, 80–84. doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.11
- Puc, J. F. M., Medina, L. A. M., & Ventura, G. A. C. (2011). Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(1), 25–38. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2656/265619707003.pdf>
- Ruíz-Flores, A., Ramírez-Hernández, E., Maldonado-Simán, E., Palafox-Guillén, J., Ochoa-Torres, E., & López-Ordaz, R. (2012). Incidencia y nivel de infestación por varroasis en abejas (*Apis mellifera*) en el laboratorio de identificación y diagnóstico apícola de 2002 a 2006. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(2), 175–182. doi: 10.5154/r.rchscfa.2011.03.023
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). (2011). Servicio de información estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). Consultado 15-03-2013 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ZOO-1994, campaña nacional contra la varroasis de las abejas. Obtenido de <http://sagarpa.gob.mx/ganaderia/Paginas/Legislacion.aspx>
- Spivak, M., & Reuter, G. (2001). *Varroa destructor* infestation in untreated honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies selected for hygienic behavior. *Journal of Economic Entomology*, 94(2), 326–331. doi: 10.1603/0022-0493-94.2.326
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2002). Statistical Analysis System, version 9.0. Cary, NC, USA: Autor.
- Szabo, T. I., & Walker, C. R. (1996). Rate of infestation of honey bee colonies by *Varroa jacobsoni*. *American Bee Journal*, 136(6), 447–448.
- Uribe, R. J. L., Guzmán-Novoa, E., Hunt, G. J., Correa, B. A., & Zozaya, R. J. A. (2003). Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. *Veterinaria México*, 34, 47–59. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2003/vm031e.pdf>
- Vandame, R., Morand, S., Colin, M., & Belzunces, L. P. (2002). Parasitism in the social bee *Apis mellifera*: Quantifying cost and benefits of behavioral resistance to *Varroa destructor* mites. *Apidologie*, 33, 432–445. doi: 10.1051/apido:2002025
- VanEngelsdorp, D., & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 580–595. doi: 10.1016/j.jip.2009.06.011
- Winston, M. L. (1991). *The biology of the honey bee*. USA: Harvard University Press.