

Características del apicultor y parasitosis de las abejas como causas en la pérdida de colonias de la comarca lagunera, México

Characteristics of beekeeper and parasitosis of bees as causes in the loss of bee colonies in the Comarca Lagunera, Mexico

Azucena Vargas-Valero^{1,2}, Rafael Rodríguez-Martínez², José L Reyes-Carrillo^{2*}, Alejandro Moreno-Reséndez², Francisco G Véliz-Deras² y Octavio Gaspar-Ramírez³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Edzná, Km. 15.5 Carretera Campeche-Pocuyaxun, Campeche, México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Carretera a Sta. Fe y Periférico Raúl López Sánchez s/n C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México.

³Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Parque Piit, Vía de la Innovación 404, 66600 Cd Apodaca, N.L, México.

*Autor por correspondencia: jlreyes54@gmail.com

RESUMEN

Para determinar el papel de la varroosis, nosemosis, acarapisosis; así como algunas características y tipología del apicultor como causa de la pérdida de las colonias, se obtuvieron de 43 apicultores, 132 muestras de abejas del mismo número de colonias y se clasificaron en con y sin antecedentes de pérdida de colonias (APC). Las características del manejo, la tipología y las pérdidas de colonias se obtuvieron a través de cuestionarios aplicados a los apicultores y los niveles de infestación para cada parasitosis se clasificaron por su severidad. Se identificaron los efectos sobre la pérdida de las colonias, utilizando Kruskal-Wallis para el nivel de infestación de las parasitosis, y X^2 para las características y tipología del apicultor. No hubo diferencia ($p > 0.05$) en la prevalencia de *Varroa destructor* y *Nosema* spp. entre colonias con y sin APC, mientras que no hubo presencia de *Acarapis woodi*. De igual manera, la pérdida de colonias fue igual ($p > 0.05$) para aquellas con y sin APC en relación a los niveles de infestación de *Varroa* e infección de *Nosema*, y a las características y tipología del apicultor. Nuestros resultados descartan a las variables estudiadas como causantes de la pérdida de las colonias, siendo necesarios más estudios para identificar las causas de este fenómeno, como el uso de plaguicidas.

Palabras clave: *Apis mellifera*, Enfermedades, Infestación, México, Prevalencia.

SUMMARY

To determine the role that varroosis, nosemosis, acarapisosis, and some aspects of the typology of the beekeeper as the cause of the colony losses, 132 bee samples of bees from 43 beekeepers were obtained from the same number of colonies and were classified with and without a antecedent of colony loss (APC). The characteristics of the management, the typology and colony loss were obtained by means of questionnaires applied to the beekeepers, and the infestation levels for each pathogen were classified by its severity. The effects on the colony loss were identified, using Kruskal-

Wallis for the level of infestation of the pathogens, and a test of X^2 for the characteristics and typology of the beekeeper. There was no difference ($p > 0.05$) in the prevalence of *Varroa destructor* and *Nosema* spp. between colonies with and without APC, whereas there was no presence of *Acarapis woodi*. Likewise, the colony loss was equal ($p > 0.05$) for those with and without APC in relation to the infestation level of *Varroa* and *Nosema* infection, and to the characteristics and typology of the beekeeper. Our results discard the variables studied as the cause of the colony losses, and further studies are need to identify the causes of this phenomenon, such as the use of pesticides.

Key words: *Apis mellifera*, Diseases, Infestation, México, Prevalence.

INTRODUCCIÓN

Las abejas melíferas (*Apis mellifera* L) son insectos polinizadores que tienen un papel importante en la actividad agropecuaria, ya que alrededor de un tercio de los cultivos dependen de forma directa de la polinización, aportando al año a la calidad y cantidad de éstos un valor aproximado de 265 mil millones de dólares; por esta razón, son un componente esencial para la seguridad alimentaria y el mantenimiento de la biodiversidad (Lautenbach et al., 2012).

En los últimos años se ha observado un incremento en la pérdida de abejas melíferas debido a diversos factores (Brutscher et al., 2016), lo que se ha nombrado como Desorden del Colapso de las Colonias (DCC). Varios estudios han mostrado que existen más de 60 factores asociados al DCC (VanEngelsdorp et al., 2009), entre otros, una alimentación deficiente, prácticas de manejo inadecuadas, reducción del hábitat, sequías o lluvias extremas, exposición a plaguicidas y la presencia de parásitos como el ácaro *Varroa destructor* y el microsporidio *Nosema* spp. (Staveley et al., 2014; DeGrandi-Hoffman y Chen, 2015; McMenamin y Genersch, 2015; Dennis y Kemp, 2016).

Los patógenos afectan de diferente forma a las abejas, por ejemplo, *V. destructor* afecta el sistema inmunológico, el comportamiento, la orientación y la actividad de las abejas pecoreadoras, además de ser un vector mecánico y biológico de virus (Yang y Cox-Foster, 2007), mientras que *Nosema apis* y *Nosema ceranae*, afectan el tracto digestivo de

las abejas adultas, provocando en las obreras afectadas reducción en el desarrollo de las glándulas hipofaríngeas y menor acumulación de grasa corporal (Fries, 1993; Higes et al., 2008). Por su parte, el ácaro *Acarapis woodi* provoca pérdidas económicas significativas en muchas áreas geográficas. Parasita el sistema respiratorio; vive y se reproduce principalmente en la tráquea protorácica de la abeja, aunque también puede encontrarse en la cabeza y en los sacos aéreos torácicos y abdominales. Este organismo se alimenta de la hemolinfa de su hospedero y es vector de varios virus de las abejas (Garrido-Bailón et al., 2012).

Las colonias con antecedentes de pérdida (APC) reúnen una serie de características, entre las que sobresalen: a) la muerte de parte o toda la colonia, con presencia de abejas muertas dentro o cerca de la colmena; b) la desaparición de parte o toda la colonia, con abandono de las reservas de alimento y las crías; y c) el debilitamiento de la colonia caracterizada por un lento desarrollo durante la primavera, bajo condiciones óptimas (Simon-Delso et al., 2014).

Las pérdidas de colonias de abejas reportadas en regiones de Europa y América del Norte han sido superiores al 30% (VanEngelsdorp y Meixner, 2011). Para el caso de México, en La Comarca Lagunera, del 2010 al 2016 se presentó una disminución del 35% de las colonias de abejas (SIAP, 2017). La disminución de colonias, aunada a la falta de estudios sobre la presencia y niveles de infestación de las principales parasitosis, motivan la presente investigación, con el objetivo de determinar la prevalencia y niveles de infestación/infección de *V. destructor*, *Nosema* spp. y *A. woodi*, evaluar

el papel que los niveles de estas parasitosis y algunas características de manejo de las colonias y la tipología del apicultor, tienen en la

pérdida de las colonias, así como también, cuantificar la pérdida de colonias de abejas melíferas de La Comarca Lagunera.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización. El estudio se realizó en los municipios de Matamoros, Torreón, Francisco I. Madero, San Pedro y Viesca, del estado de Coahuila, y en los municipios de Lerdo y Gómez Palacio del estado de Durango, ubicados en La Comarca Lagunera (25° 05' y 26° 54' LN y 101° 40' y 104° 45' LO), la cual se caracteriza por una precipitación anual de 235 mm, altitud de 1139 msnm, clima seco semiárido, y temperatura promedio anual de 22 °C, con máximas y mínimas de 33 y 9 °C respectivamente (INEGI, 2017).

Factores analizados

Cuestionario. Antes de la colecta de muestras cada apicultor respondió un cuestionario del cual se obtuvieron datos como su edad, su experiencia en la actividad apícola, la ubicación del apiario, el número de colonias (tipología) y su movilización, el estado sanitario de las colonias (con APC y asintomáticas o sin APC), y las pérdidas de colonias durante el periodo 2016 y 2017.

Colecta de las muestras. De 66 apicultores registrados en el Comité Sistema Producto Apícola de la Región Lagunera A.C., se seleccionaron 43 apicultores, bajo el criterio de contar con al menos de 10 colonias y disponibilidad de participar en el proyecto. La toma de muestras se realizó de junio a septiembre de 2017 mediante un muestreo aleatorio del 20% de las colonias de cada apiario, obteniendo un total de 132 muestras. Las muestras se clasificaron en provenientes de colonias con APC (n = 48; 36,4%) y asintomáticas o provenientes de colonias sin APC (n = 84; 63,6%) de acuerdo a los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario a cada apicultor y con base en los criterios definidos por Simon-Delso et al. (2014).

Las muestras fueron de aproximadamente 200 abejas adultas tomadas de los bastidores del alza en un frasco con alcohol al 70% (Traynor et al., 2016) y transportadas para su posterior análisis al laboratorio del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. En las muestras se analizaron los siguientes patógenos:

Varroa destructor. Las muestras fueron analizadas para detectar la presencia de ácaros de acuerdo a la técnica del agitado (Shimanuki y Knox, 2000) y el nivel de infestación se calculó con el número de ácaros por cada 100 abejas y se reportó como porcentaje de infestación (OIE, 2017), clasificándose en tres niveles: 1) 0.0-5.0%; 2) 5.1-10.0% y 3) 10.1-15.0%.

Nosema spp. Las muestras se analizaron mediante la técnica de Cantwell, determinando la presencia y cuantificando el número de esporas. Se reporta la intensidad de infección en millones de esporas por abeja (OIE, 2017; Shimanuki y Knox, 2000), clasificándose en cuatro niveles: Ligero (1-5), regular (> 5 -10), semisevero (> 10-20) y severo (más de 20) (Guzmán-Novoa y Correa-Benítez, 2012).

Acarapis woodi. El análisis de cada muestra se realizó en 20 abejas adultas con la técnica del disco mesotorácico (OIE, 2017; Shimanuki y Knox, 2000), para determinar la presencia del ácaro y su nivel de infestación.

Características y tipología del apicultor. La edad del apicultor se categorizó en tres grupos: 26-45; 46-65 y, mayor a 65 años (Chauzat et al., 2016); la experiencia del apicultor en la actividad se clasificó en dos grupos: menor a 30 años y mayor de 30 años; la tipología de la actividad se clasificó, con base al número de colonias de cada apicultor en tres categorías, pequeños apicultores (≤ 50 colonias), intermedios (51 a 200 colonias) y comerciales (> 201 colonias) (Vélez et al., 2016); respecto a la práctica de

movilización de las colonias se clasificaron en: sí y no.

Pérdidas de colonias de abejas. La pérdida de colonias de abejas se obtuvo a través del cuestionario aplicado a los apicultores, la información obtenida se categorizó en cuatro rangos (0-25%, 26-50%, 51-75% y más del 76%).

Análisis estadístico. Para determinar si los datos cumplían con criterios de normalidad se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Los niveles de infestación de *Varroa* se transformaron a raíz cuadrada y los niveles de

RESULTADOS

Prevalencia de *V. destructor*, *Nosema* spp y *A. woodi* en colonias con y sin APC. No se encontró diferencia significativa en la prevalencia de *V. destructor* ($X^2 = 0.127$; g.l. = 1; $p = 0.722$) entre el grupo con APC (77%) y sin APC (86%), mientras que la prevalencia de *Nosema* spp. fue del 100% en los dos grupos. *Acarapis woodi* no se detectó en las muestras (Cuadro 1).

Niveles de infestación/infección en colonias con y sin APC. No se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) en los niveles de infestación para *V. destructor* y de infección de *Nosema* spp. entre los grupos con y sin APC.

infección de *Nosema* se transformaron en base Log_{10} . Para la prevalencia de los patógenos entre los grupos (con y sin APC) se realizó una prueba de X^2 . La comparación de los niveles de infestación de *Varroa* e infección de *Nosema* entre los grupos se realizó mediante una prueba de Kruskal-Wallis. Para el efecto de las características y tipología del apicultor como causa de la pérdida de las colonias se realizó una prueba de X^2 . Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS Statistics versión 20.0 (SPSS, 2018).

Características y tipología del apicultor. La edad, experiencia y tipología del apicultor, y la movilización de las colonias no tuvieron efecto ($p > 0.05$) sobre la pérdida de colonias entre los grupos con y sin APC (Cuadro 2).

Pérdidas de colonias. Las pérdidas de colonias de abejas del 2016 al 2017 pueden ser consideradas de importancia económica para los apicultores, especialmente para dos de ellos, que representan el 45%, quienes sufrieron pérdida de más del 76% de sus colonias, mientras que, de manera contraria, nueve apicultores (21%) perdieron menos del 25% de sus colonias. La mayoría de los apicultores ($n = 32$, 74%) sufrieron pérdidas del 25 al 75% de sus colonias.

Cuadro 1. Prevalencia y nivel de infestación/infección para *V. destructor* y *Nosema* spp., en colonias con y sin antecedentes de pérdida (APC).

APC	n	<i>V. destructor</i>			<i>Nosema</i> spp.			
		Prevalencia (%)	Nivel de infestación (%)	Nivel Máximo (%)	Prevalencia (%)	Nº esporas por abeja	Nivel máximo	Nivel mínimo
Con	48	77 ^a	3.59 ± 0.54^a	13	100 ^a	$9\,678 \times 10^3 \pm 0.949 \times 10^{3a}$	$29\,200 \times 10^3$	$2\,800 \times 10^3$
Sin	84	86 ^a	3.06 ± 0.34^a	15	100 ^a	$9\,180 \times 10^3 \pm 1.184 \times 10^{3a}$	$89\,600 \times 10^3$	$1\,200 \times 10^3$

^a No se encontraron diferencias estadísticas en la misma columna ($p > 0.05$).

Promedio $\pm$ Error Estándar.

Cuadro 2. Efecto de las características de manejo de los apicultores en las pérdidas de las colonias.

	<i>V. destructor</i>						<i>Nosema spp.</i>					
	Con APC (n)	%	Sin APC (n)	%	χ^2	p	Con APC (n)	%	Sin APC (n)	%	χ^2	p
Edad (años)												
26-45	6	42.9	8	57.1	0.59	0.74	6	40.0	9	60.0	0.59	0.75
45-65	12	50.0	12	50.0			14	48.3	15	51.7		
> 65	2	33.3	4	66.7			2	33.3	4	66.7		
Experiencia (años)												
< 30	14	45.2	17	54.8	0.98	0.32	14	43.8	18	56.2	0.00	0.96
30-45	8	61.5	5	38.5			8	44.4	10	55.6		
Tipología												
Pequeños < 50	7	35.0	13	65.0	0.44	0.80	11	45.8	13	54.2	0.32	0.85
Intermedios 50-200	8	44.4	10	55.6			9	45.0	11	55.0		
Comerciales > 200	2	33.3	4	66.7			2	33.3	4	66.7		
Movilización												
Si	14	45.2	17	54.8	1.89	0.17	15	54.5	18	54.5	0.83	0.77
No	3	23.1	10	76.9			7	41.2	10	58.8		

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los grupos.

DISCUSIÓN

Este estudio arroja evidencias que una alta proporción de colonias aparentemente sanas tienen altas prevalencias y niveles de infestación/infección de *V. destructor* y *Nosema* spp. respectivamente, aunque no existe diferencia entre los niveles de infestación de estos parásitos entre las colonias con antecedentes y sin antecedentes de pérdida. De la misma forma, ni las características ni la tipología del apicultor afectaron la pérdida de colonias entre uno y otro grupo.

Prevalencia y nivel de infestación/infección de *V. destructor* y *Nosema* spp. y *A. woodi* en colonias con y sin APC. No se encontró diferencia estadística ($p > 0.05$) entre los grupos con y sin APC para la prevalencia de *Varroa* y de *Nosema*. Para *V. destructor* la prevalencia en colonias con APC fue 77% y en colonias sin APC de 86%, resultados que difieren con los reportados por VanEngelsdorp et al. (2009) (64% y 53%) y con los reportados por Meana et al. (2017) (59% y 41%). La prevalencia elevada que

se reporta en este estudio puede estar relacionada por la cercanía entre apiarios y la sobresaturación de colonias en un área (Herrera et al., 2017) y, con la aplicación inadecuada de tratamientos para su control (Meana et al., 2017). Además, puede deberse a la difícil erradicación del ácaro, sin embargo, las abejas melíferas pueden sobrevivir con *Varroa* hasta con el 17% de infestación (Currie y Gatien, 2006), nivel mayor a lo encontrado en el presente estudio (Cuadro 1).

El porcentaje promedio del nivel de infestación de *V. destructor* en colonias con y sin APC fue de 3.59 ± 0.54 y 3.06 ± 0.54 respectivamente; Genersch et al. (2010) reportan 3.4 ± 0.1 para las colonias sin APC, nivel similar a lo encontrado en el presente estudio. Por otro lado, VanEngelsdorp et al. (2009) reportan 8.6% de infestación en colonias con APC, valor mayor a lo registrado en este estudio. Estas diferencias en la dinámica poblacional de *V. destructor* pueden tener diversas causas, como los factores ambientales que alteran las condiciones



microclimáticas dentro de la colonia, la temperatura, humedad y disponibilidad de polen o néctar (Rosenkranz et al., 2010) o el mejoramiento genético (que favorece la capacidad de eliminar las varroas adultas y detectar y remover las crías afectadas) (Meixner et al., 2015), así como también, el comportamiento higiénico, que afecta la supervivencia y éxito reproductivo de *Varroa* (Rosenkranz et al., 2010).

La prevalencia de *Nosema* spp. en ambos grupos fue del 100%, similar a lo reportado para *N. ceranae* en colonias con APC por Meana et al. (2017). Por otra parte, VanEngelsdorp et al. (2009) reportaron prevalencias del 35% para colonias sin APC. La prevalencia elevada puede deberse a la presencia de la especie *N. ceranae*, que a diferencia de *N. apis*, es más virulenta y resistente a altas temperaturas (Martín-Hernández et al., 2009), además, es catalogada como una de las principales causas en la pérdida de colonias (Higes et al., 2008). Sin embargo, en el presente estudio no se realizó un diagnóstico diferencial para *N. ceranae*, por lo que no se puede determinar si la prevalencia del microsporidio y los niveles de infección encontrados se deben a esta especie.

El nivel promedio de infección por *Nosema* para los dos grupos fue de nueve millones de esporas por abeja (Cuadro 1), el cual no influyó la condición sanitaria de las colonias (con y sin APC). Sin embargo, en el grupo sin APC, el 77% de las colonias presentaron niveles de infección de ligero a regular, mientras que el grupo con APC fue el 63%. Estos resultados contrastan con lo reportado por Traynor et al. (2016) quienes reportan niveles promedios de infección por debajo de 0.5 millones de esporas por abeja, al igual que con los 1.9 millones en colonias con APC y un millón en colonias sin APC reportados por VanEngelsdorp et al. (2009). Estas diferencias en los niveles de infección pueden deberse a los métodos de muestreo, áreas geográficas, especies de abejas y técnicas de diagnóstico, entre otros factores bióticos y abióticos (Papini et al., 2017). Además, se ha observado una coevolución huésped-patógeno

gracias a la cual, las abejas obreras pueden lograr un desempeño adecuado, llegando a mantener la eficiencia y la productividad de la colonia (Kurze et al., 2016a).

El ácaro *A. woodi* no se encontró en las muestras analizadas. En efecto, este ácaro no presenta un problema sanitario para la apicultura en la región. En lugares donde está presente, se observa una prevalencia y nivel de infestación bajo (Garrido-Bailón et al., 2012; Figueroa y Arechavaleta-Velasco, 2018), ya que al parecer se ha establecido un equilibrio entre el parásito y las abejas, debido probablemente a la aplicación de diversos métodos de control de *V. destructor*, los cuales tienen efecto indirecto sobre *A. woodi* (OIE, 2017).

Características y tipología del apicultor. No se encontró efecto de la edad, experiencia, tipología del apicultor y movilización con respecto a la pérdida de las colonias (Cuadro 2), de manera similar a lo reportado por Genersch et al. (2010) y Meana et al. (2017). Esto pudo deberse a que las abejas melíferas se han adaptado para resistir o tolerar parásitos de forma individual y que a nivel social pueden reducir o evitar la transmisión de parásitos en la colonia (Kurze et al., 2016b).

Pérdida de colonias. Publicaciones recientes confirman la pérdida de colonias de abejas en varios países (Van Der Zee et al., 2015; Chauzat et al., 2016; Jacques et al., 2017; Kulhanek et al., 2017; Meana et al., 2017; VanEngelsdorp et al., 2017). En el presente estudio se encontró que más de la mitad de los apicultores (56%) sufrieron pérdidas del 26 al 50% de sus colonias durante los años 2016 y 2017; resultados similares se encontraron en México con 33.4% (Medina-Flores et al., 2018) y Estados Unidos de América 40.5% (Kulhanek et al., 2017). La mayoría de los apicultores atribuyeron la pérdida a los plaguicidas aplicados en los cultivos y al cambio climático, sin descartar la nula aplicación de productos para el control de parasitosis y las prácticas inadecuadas de producción. El rango de las pérdidas de las colonias es muy variable que va del 4% (Van Der Zee et al., 2012) hasta el 85% (Neumann y Carreck, 2010). Esta

variación puede ser atribuida a diversos factores como la diversidad genética de las abejas melíferas y la presencia de plagas y enfermedades, el uso excesivo de plaguicidas, la pérdida de vegetación y las prácticas de manejo (Neumann y Carreck, 2010).

Los resultados demuestran que la prevalencia y niveles de infestación/infección de los patógenos, así como las características y tipología del apicultor, no favorecen la pérdida de las colonias de abejas reportadas en los últimos años en La Comarca Lagunera. Se requieren más estudios de monitoreo longitudinal para tener una mejor comprensión de los factores que afectan las pérdidas de colonias de abejas melíferas, especialmente la presencia de plaguicidas y factores ambientales no considerados en esta investigación, por lo que es importante realizar investigaciones que se enfoquen a evaluar estos elementos y su papel en las pérdidas de las colonias en la región.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por la oportunidad de realizar el doctorado; a la UAAAN por el financiamiento de los proyectos No. 2834 y 2835; a los apicultores por las facilidades para la toma de las muestras y aplicación del cuestionario.

LITERATURA CITADA

- Brutscher LM, McMenamin JA, Flenniken, L.M (2016) The Buzz about Honey Bee Viruses. *Plos Pathogens* 12: 1-7.
- Currie RW, Gatién P (2006) Timing acaricide treatments to prevent *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) from causing economic damage to honey bee colonies. *The Canadian Entomologist* 138: 238-252.
- Chauzat MP, Jacques A, Laurent M, Bougeard S, Hendrikx P, Ribière-Chabert M. (2016) Risk indicators affecting honeybee colony survival in Europe: one year of surveillance. *Apidologie* 47: 348-378.
- DeGrandi-Hoffman G, Chen Y (2015) Nutrition, immunity and viral infections in honey bees. *Current Opinion in Insect Science* 10: 170-176.
- Dennis B, Kemp WP (2016) How hives collapse: allee effects, ecological resilience, and the honey bee. *PLoS ONE* 11: 1-17.
- Figueroa GC, Arechavaleta-Velasco ME (2018) Prevalence of honeybee tracheal mite disease and infestation levels of *Acarapis woodi* in honeybee colonies of Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9: 1-9.
- Fries I (1993) *Nosema Apis* - a Parasite in the Honey Bee Colony. *Bee World* 74: 5-19.
- Garrido-Bailón E, Bartolomé C, Prieto L, Botías C, Martínez-Salvador A, Meana A, Martín-Hernández R, Higes M (2012) The prevalence of *Acarapis woodi* in Spanish honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Experimental Parasitology* 132: 530-536.
- Genersch E, Von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Böhler R, et al. (2010) The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41: 332-352.
- Guzmán-Novoa E, Correa-Benítez A (2012) Patología, diagnóstico y control de las principales enfermedades y plagas de las abejas melíferas. Imagen Editorial Yire. México, DF.
- Herrera A, Smith-Herron A, Traub N, Yount K, Chapman BR (2017) Prevalence of Honey Bee (*Apis Mellifera*) parasites across Texas. *The Southwestern Naturalist* 62: 255-262.
- Higes M, Martín-Hernández R, Botías C, Garrido-Bailón E, González-Porto AV, Barrios L, et al. (2008) How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse. *Environmental Microbiology* 10: 2659-2669.



- INEGI (2017) Cuéntame de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (<http://cuentame.inegi.org.mx/>). Fecha de consulta: 10 de noviembre 2018.
- Jacques A, Laurent M, Ribière-Chabert M, Saussac M, Bougeard S, Budge GE, et al. (2017) A pan-European epidemiological study reveals honey bee colony survival depends on beekeeper education and disease control. *PLoS ONE* 12: e0172591.
- Kulhanek K, Steinhauer N, Rennich K, Caron DM, Sagili RR, Pettis JS, et al. (2017) A national survey of managed honey bee 2015-2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research* 56: 328-340.
- Kurze C, Mayack C, Hirche F, Stangl GI, Le Conte Y, Kryger P, et al. (2016a) *Nosema* spp. infections cause no energetic stress in tolerant honeybees. *Parasitology Research* 115: 2381-288.
- Kurze C, Routtu J, Moritz RFA (2016b) Parasite Resistance and Tolerance in Honeybees at the Individual and Social Level. *Zoology* 119: 290-297.
- Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF (2012) Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS ONE* 7: e35954.
- Martín-Hernández R, Antúnez K, Prieto L, Meana A, Zunino P, Higes M (2009) Immune Suppression in the Honey Bee (*Apis Mellifera*) Following Infection by *Nosema Ceranae* (*Microsporidia*). *Environmental Microbiology* 11: 2284-2290.
- McMenamin AJ, Genersch E (2015) Honey bee colony losses and associated viruses. *Current Opinion in Insect Science* 8: 121-129.
- Meana A, Llorens-Picher M, Euba A, Bernal JL, Bernal J, García-Chao M, et al. (2017) Risk factors associated with honey bee colony loss in apiaries in Galicia, NW Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 15: e0501.
- Medina-Flores CA, Esquivel-Marín NH, López-Carlos M, Medina-Cuellar SE, Aguilera-Soto JI (2018) Estimación de la pérdida de colonias de abejas melíferas en el altiplano y el norte de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5: 365-371.
- Meixner MD, Kryger P, Costa C. (2015) Effects of genotype, environment, and their interactions on honey bee health in Europe. *Current Opinion in Insect Science* 10: 177-184.
- Neumann P, Carreck NL (2010) Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research* 49: 1-6.
- OIE (2017) Manual de La OIE Sobre Animales Terrestres (<http://www.oie.int/es/normas-internacionales/manual-terrestre>). Fecha de consulta: 22 de julio 2018.
- Papini R, Mancianti F, Canovai R, Cosci F, Rocchigiani G, Benelli G, et al. (2017) Prevalence of the microsporidian *Nosema ceranae* in honeybee (*Apis Mellifera*) apiaries in central Italy. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24: 979-982.
- Rosenkranz P, Aumeier P, Ziegelmann B (2010) Biology and Control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: 96-119.
- Shimanuki H, Knox DA. (2000) Diagnosis of honey bee diseases. *Agriculture handbook* No. 690. USDA. Washington D.C.
- SIAP (2017) Producción ganadera. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. (<https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>). Fecha de consulta: 5 de marzo 2018.
- Simon-Delso N, Martin SG, Bruneau E, Minsart LA, Mouret C, Hautier L (2014) Honeybee colony disorder in crop areas: the role of pesticides and viruses. *PLoS ONE* 9: e103073.
- SPSS (2018) Statistical Product and Service

- Solutions. Versión 20. IBM SPSS.
- Staveley JP, Law SA, Fairbrother A, Menzie CA (2014) A causal analysis of observed declines in managed honey bees (*Apis Mellifera*). Human and Ecological Risk Assessment 20: 566-591.
- Traynor KS, Rennich K, Forsgren E, Rose R, Pettis J, Kunkel G, Madella S, et al. (2016) Multiyear survey targeting disease incidence in US honey bees. Apidologie 47: 325-347.
- Van Der Zee R, Pisa L, Andonov S, Brodschneider R, Charrière JD, Chlebo R, et al. (2012) Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008-9 and 2009-10. Journal of Apicultural Research 51: 100-114.
- Van Der Zee R, Gray A, Pisa L, De Rijk T (2015) An observational study of honey bee colony winter losses and their association with *Varroa destructor*, neonicotinoids and other risk factors. PLoS ONE 10: e0131611.
- VanEngelsdorp D, Evans JD, Saegerman C, Mullin C, Haubruge E, Nguyen BK, et al. (2009) Colony collapse disorder: a descriptive study. PLoS ONE 4: e6481.
- VanEngelsdorp D, Meixner MD (2011) 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: 80-95.
- VanEngelsdorp D, Traynor KS, Andree M, Lichtenberg EM, Chen Y, Saegerman C, et al. (2017) Colony Collapse Disorder (CCD) and bee age impact honey bee pathophysiology. PLoS ONE 12: e0179535.
- Vélez IA, Espinosa GJA, Amaro GR, Arechavaleta VME (2016) Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 7: 507-524.
- Yang X, Cox-Foster D (2007) Effects of parasitization by *Varroa destructor* on survivorship and physiological traits of *Apis mellifera* in correlation with viral incidence and microbial challenge. Parasitology 134: 405-412.