



## Honey bee colony losses and associated factors in central-western Mexico in the winters 2016 to 2019

### Pérdida de colonias de abejas melíferas y factores asociados en el centro-occidente de México en los inviernos del 2016 al 2019

Medina-Flores, C. A.<sup>1</sup> , Macías-Macías, J. O.<sup>2</sup> , Rodríguez Cárdenas, A.<sup>1</sup> , Saucedo Rivera, A.<sup>1</sup>   
Camacho Vasquez, H. I.<sup>1</sup> , Carrillo-Muro, O.<sup>1</sup> , López-Carlos, M. A.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas. México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE). Departamento de Ciencias de la Naturaleza. Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara. México.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Medina-Flores, C. A., Macías-Macías, J. O., Rodríguez Cárdenas, A., Saucedo Rivera, A., Camacho Vasquez, H. I., Carrillo-Muro, O., López-Carlos, M. A. (2021). Honey bee colony losses and associated factors in central-western Mexico in the winters 2016 to 2019. *Revista Bio Ciencias* 8, e1095. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e1095>



#### ABSTRACT

The loss rate of honey bee colonies (*Apis mellifera*) and associated factors were estimated in the winters 2016 to 2019 in the central-western region of Mexico. 389 beekeepers were surveyed and 50,392 colonies were included in the analysis. The colony loss rate was 23.61 % for winter 2016-2017 (95 % CI 19.97-27.24 %), 15.43 % for winter 2017-2018 (95 % CI 13.35-17.51 %) and 25.33 % in the winter of 2018-2019 (95 % CI 23.0-27.65 %). The colony loss rate in winter 2017-2018 was significantly lower with the loss rate in winters 2016-2017 and 2018-2019 ( $p < 0.0001$ ). The beekeepers surveyed attribute a higher rate of colony loss to problems related to the queen (queenlees, poor posture) than due to colony absconding or death (diseases, pests, poisonings etc.)

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: November 05<sup>th</sup> 2020.

Accepted/Aceptado: July 22<sup>th</sup> 2021.

Available on line/Publicado: September 01<sup>th</sup> 2021.

#### RESUMEN

Se estimó la tasa de pérdida de colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) y los factores asociados en los inviernos 2016 al 2019 en la región centro-occidente de México. Se encuestaron 389 apicultores y 50,392 colonias fueron incluidas en el análisis. La tasa de pérdida de colonias fue del 23.61 % para el invierno 2016-2017 (CI 95 % 19.97-27.24 %), de 15.43 % para el invierno de 2017-2018 (CI 95 % 13.35-17.51 %) y de 25.33 % en el invierno de 2018-2019 (CI 95 % 23.0-27.65 %). La tasa de pérdida de colonias en el invierno de 2017-2018 fue significativamente menor que la tasa de pérdida en los inviernos 2016-2017 y 2018-2019 ( $p < 0.0001$ ). Los apicultores encuestados atribuyen una mayor tasa de pérdida a problemas relacionados con la reina (zanganeras, mala postura) que debido a la evasión o muerte de colonias (enfermedades, plagas, intoxicaciones entre otros) y problemas climáticos (sequías, heladas). No hubo efectos significativos de la práctica de apicultura migratoria y del tamaño de explotación apícola sobre estas pérdidas ( $p > 0.05$ ). Los resultados de este estudio revelan datos similares a los reportados en otros países. Se recomienda la implementación de estrategias que

#### \*Corresponding Author:

José Octavio Macías Macías. Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara. Avenida Enrique Arreola Silva no. 883, colonia centro C.P. 49000 Ciudad Guzmán, Jalisco, México. E-mail: [joseoc@cusur.udg.mx](mailto:joseoc@cusur.udg.mx). Phone: (341) 575 2222. [www.cusur.udg.mx/](http://www.cusur.udg.mx/)

and climate problems (droughts, frosts, etc.). There were no significant effects of the migratory beekeeping practice and the size of the bee farm on the loss of colonies ( $p > 0.05$ ). The results of this study reveal data similar to those reported in other countries. It is recommended the implementation of strategies that contribute to improving the quality of queens, disease control and africanization, avoid pesticide poisoning and mitigate the effects of bad weather.

---

## KEY WORDS

---

*Apis mellifera*, colony losses, winter mortality, Mexico.

---

## Introduction

Honey bees (*Apis mellifera*) depend on plant nectar and pollen for feeding, which is why they act as major pollinating agents for more than 75 % of plant species, thus contributing to conservation, environmental restoration and agricultural production (Klein *et al.*, 2007). In this sense, it is estimated that in Mexico the value of pollination is around 63 billion pesos (1,260,000 million dollars) (Sarukhán *et al.*, 2008). However, during the last few years, high rates of honey bee colony loss have been reported in different parts of the world, including Mexico (Van Engelsdorp *et al.*, 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; Spleen *et al.*, 2013; Steinhauer *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2015., Medina-Flores *et al.*, 2018; Brodschneider *et al.*, 2018; Requier *et al.*, 2018). This can be a threat to the balance of ecosystems and generate shortages of bee colonies for crop pollination (Neumann & Carreck, 2010; Guzman-Novoa, 2016), causing beekeepers to invest more resources to stay in the beekeeping industry, which implies heavy economic investments (Steinhauer, 2018). The cause of high colony loss is not completely known and is variable between years and regions (Van Engelsdorp *et al.*, 2007; 2010; Spleen *et al.*, 2013; Morawetz *et al.*, 2019). Several researchers suggest that it is a multifactorial problem due to the effect and interaction of agents such as *Varroa destructor*, deformed wing virus, *Nosema ceranae*, colony stress due to practices such as transhumance, poor feeding caused by weather or exposure of colonies to a single floral source during pollination, in addition to environmental inclemencies and pesticide exposure (Cox-Foster *et al.*,

contribuyan a mejorar la calidad de las reinas, el control de enfermedades y la africanización, evitar la intoxicación por plaguicidas y mitigar los efectos del mal tiempo.

---

## PALABRAS CLAVE

---

*Apis mellifera*, pérdida de colonias, mortalidad invernal, México.

---

## Introducción

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) dependen para su alimentación del néctar y polen de las plantas, por lo que actúan como importantes agentes polinizadores de más del 75 % de las especies vegetales contribuyendo con ello a la conservación, restauración del ambiente y a la producción agrícola (Klein *et al.*, 2007). En este sentido, se estima que en México el valor de la polinización es de alrededor de 63 mil millones de pesos (1,260,000 millones de dólares) (Sarukhán *et al.*, 2008). Sin embargo, durante los últimos años se han reportado elevadas tasas de pérdida de colonias de abejas melíferas en diferentes partes del mundo, incluyendo a México (Van Engelsdorp *et al.*, 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; Spleen *et al.*, 2013; Steinhauer *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2015., Medina-Flores *et al.*, 2018; Brodschneider *et al.*, 2018; Requier *et al.*, 2018). Esto puede ser una amenaza para el equilibrio de los ecosistemas y generar desabasto de colonias de abejas para la polinización de cultivos (Neumann & Carreck, 2010; Guzman-Novoa, 2016), lo que causa que los apicultores deben invertir más recursos para permanecer en la industria apícola, lo que implica fuertes inversiones económicas (Steinhauer, 2018). La causa de la elevada pérdida de colonias no es completamente conocida y es variable entre años y regiones (Van Engelsdorp *et al.*, 2007; 2010; Spleen *et al.*, 2013; Morawetz *et al.*, 2019). Diversos investigadores sugieren que es un problema multifactorial debido al efecto e interacción de agentes como *Varroa destructor*, virus de las alas deformes, *Nosema ceranae*, estrés de la colonia debido a prácticas como la trashumancia, deficiente alimentación provocada por el clima o por la exposición de las colonias a una sola fuente floral durante la polinización, además de inclemencias ambientales y la exposición a pesticidas (Cox-Foster *et al.*, 2007; Van Engelsdorp *et al.*, 2009; Guzmán-Novoa *et al.*, 2010; Stankus, 2014). Adicionalmente, el efecto aditivo de estos factores, puede inhibir la respuesta inmune de las abejas, haciéndolas más susceptibles a colapsar (Guzmán-Novoa, 2016). Por otra parte, las bajas temperaturas, la escasa disponibilidad de

2007; Van Engelsdorp *et al.*, 2009; Guzmán-Novoa *et al.*, 2010; Stankus, 2014). Additionally, the additive effect of these factors can inhibit the immune response of bees, making them more susceptible to collapse (Guzmán-Novoa, 2016). On the other hand, low temperatures, scarce availability of food in the field, low bee population in autumn, loss of the queen and the absence or reduction of drones that limit the possibilities of fertilization, cause winter to be a critical time for colony survival (Le Conte *et al.*, 2010). More than a decade ago, prior to the first report of elevated colony loss rates (Oldroyd, 2007), the death of up to 10 % of colonies during winter was acceptable, but today losses generally exceed 20 % in many ecological regions including tropical ones (Le Conte *et al.*, 2010; Requier *et al.*, 2018). Determining the rate of colony loss is fundamental to place the problem in its right dimension and identify its possible causes. The application of surveys to beekeepers has represented an important alternative that allows understanding the situation and being able to contribute to improve the development of beekeeping; multi-year records are especially important, since they help to understand the variability and trend of colony loss in the regions studied over time (Lee *et al.*, 2015). The objective of the present study was to estimate the rate of honey bee colony loss and associated factors during three consecutive winters (2016 to 2019) in the central-western region of Mexico.

## Material and Methods

In order that the results of the present study could be comparable with those obtained in countries where honey bee colony loss rates have been estimated and associated factors identified, a survey was developed based on the one conducted by the International Association for the Prevention of Honey Bee Colony Loss (COLOSS), which has established standardized monitoring of winter colony loss in more than 30 countries simultaneously (Van Der Zee *et al.*, 2013). The questions in this survey are aimed at obtaining information that allows the calculation of the loss rate and help to identify risk factors such as the practice of migratory beekeeping or transhumance of hives, the size of the beekeeping operation and possible causes identified by the beekeepers themselves categorized into: a) problems derived from the queen (queenlees, poor posture), b) climatic problems (drought, frost) and c) dead colonies or empty hives (absconding,

alimento en el campo, la poca población de abejas en otoño, la pérdida de la reina y la ausencia o reducción de zánganos que limitan las posibilidades de fecundación, provocan que el invierno sea una época crítica para la sobrevivencia de las colonias (Le Conte *et al.*, 2010). Hace más de una década, previo al primer reporte de elevadas tasas de pérdida de colonias (Oldroyd, 2007), era aceptable la muerte de hasta un 10 % de las colonias durante el invierno, pero actualmente las pérdidas generalmente superan el 20 % en muchas regiones ecológicas incluyendo a las tropicales (Le Conte *et al.*, 2010; Requier *et al.*, 2018). La determinación de la tasa de pérdida de colonias es fundamental para situar al problema en su justa dimensión e identificar sus posibles causas. La aplicación de encuestas a apicultores ha representado una importante alternativa que permite entender la situación y poder contribuir a mejorar el desarrollo de la apicultura; los registros plurianuales son especialmente importantes, porque ayudan a comprender la variabilidad y tendencia de la pérdida de colonias en las regiones estudiadas a través del tiempo (Lee *et al.*, 2015). El objetivo del presente estudio fue estimar la tasa de pérdida de colonias de abejas melíferas y los factores asociados durante tres inviernos consecutivos (2016 al 2019) en la región centro-occidente de México.

## Material y Métodos

Con la finalidad de que los resultados del presente estudio pudieran ser comparables con los obtenidos en países donde se ha estimado la tasa de pérdida de colonias de abejas melíferas y se han identificado factores asociados a ésta, se elaboró una encuesta basada en la realizada por la Asociación Internacional para la Prevención de Pérdidas de Colonias de Abejas (COLOSS), la cual ha establecido el monitoreo estandarizado de la pérdida invernal de colonias en más de 30 países de forma simultánea (Van Der Zee *et al.*, 2013). Las preguntas de ésta encuesta se dirigen a obtener información que permite el cálculo de la tasa de pérdida y que ayudan a identificar factores de riesgo como la práctica de la apicultura migratoria o trashumancia de colmenas, el tamaño de la explotación apícola y posibles causas identificadas por los propios apicultores categorizadas en: a) problemas derivados de la reina (zanganeras, mala postura), b) problemas climáticos (sequías, heladas) y c) colonias muertas o colmenas vacías (evasión, enfermedades e intoxicaciones). La encuesta fue aplicada entre apicultores de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, Zacatecas, Colima y San Luis Potosí, que representan a la región centro-occidente de la república mexicana. La aplicación

diseases and intoxications). The survey was applied among beekeepers from the states of Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, Zacatecas, Colima and San Luis Potosí, which represent the central-western region of Mexico. The survey was conducted from March 1 to July 1, 2017, 2018 and 2019, in order to collect information on the rate of colony loss during the winters of 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019. The survey was conducted in person by attending meetings of the Beekeepers' Associations, courses and beekeeping refresher courses and congresses, by electronic means such as email, social networks and telephone. A total of 389 respondents whose answers were consistent and without errors were considered for data analysis. 143 beekeepers were considered for the analysis of colony loss estimation in winter 2016-2017, 130 for winter 2017-2018 and 116 for winter 2018-2019. Eighty-two percent of the total respondents participated in the three surveys consecutively and a total of 50,392 colonies in the three winters were included to the analysis, of which 22,783 correspond to the number of colonies that the surveyed beekeepers had before the winter 2016-2017, 11,108 colonies before the winter 2017-2018 and 16,501 colonies before the winter 2018-2019. The average number of colonies per beekeeper was 130. The above reflects a good sample size, so the results can be representative for estimating colony loss trends in the central-western region of Mexico.

### Statistical analysis

The estimate of colony loss was calculated by dividing the total number of colonies lost by the total number of colonies at risk for each winter and expressed as a percentage. The 95 % confidence interval (95 % CI) was calculated using a linear model (SAS, 2002). The percentage of beekeepers practicing migratory beekeeping was also calculated. In order to determine possible statistical differences in the rate of colony loss between beekeeping farms of different sizes (number of colonies), a classification was made as described by Van Engelsdorp *et al.* (2010) into: hobby (beekeepers with 1 to 50 colonies), secondary activity (51 to 500) and professional (more than 500 colonies). The comparison of the loss of colonies of the different types of exploitation between the three winters analyzed and between the causes of loss was carried out by means of the Kruskal-Wallis rank test (SAS, 2002).

de la encuesta se realizó a partir del 1 de marzo y hasta el 1 de julio de los años 2017, 2018 y 2019, ésto con la finalidad de recabar información sobre la tasa de pérdida de colonias durante los inviernos de 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Se encuestó de forma personal al acudir a reuniones de las asociaciones de apicultores, cursos y congresos de actualización apícola, por medios electrónicos como el correo electrónico, redes sociales y vía telefónica. En total se consideraron para el análisis de los datos un total de 389 encuestados cuyas respuestas fueron coherentes y sin errores. 143 apicultores fueron considerados para el análisis de la estimación de pérdida de colonias en el invierno de 2016-2017, 130 para el invierno 2017-2018 y 116 para el invierno de 2018-2019. El 82 % del total de los encuestados participaron en las tres encuestas de manera consecutiva y se incluyó al análisis un total de 50,392 colonias en los tres inviernos, de las cuales 22,783 corresponden al número de colonias que los apicultores encuestados tenían antes del invierno 2016-2017, 11,108 colonias antes del invierno 2017-2018 y 16,501 colonias antes del invierno 2018-2019. El promedio de colonias por apicultor fue de 130. Lo anterior refleja un buen tamaño de muestra, por lo que los resultados pueden ser representativos para hacer una estimación de las tendencias de pérdidas de colonias en la región centro-occidente de México.

### Análisis estadísticos

La estimación de la pérdida de colonias se calculó dividiendo el número total de colonias pérdidas, entre el número total de colonias en riesgo para cada invierno y se expresa en porcentaje. Se calculó el intervalo de confianza al 95 % (CI 95 %), utilizando un modelo lineal (SAS, 2002). También se calculó el porcentaje de apicultores que practican la apicultura migratoria. Con la finalidad de determinar posibles diferencias estadísticas respecto a la tasa de pérdida de colonias entre explotaciones apícolas de diferente tamaño (número de colonias), se hizo una clasificación de acuerdo a lo descrito por Van Engelsdorp *et al.* (2010) en: de hobby (apicultores con 1 a 50 colonias), actividad secundaria (51 a 500) y profesional (más de 500 colonias). La comparación de la pérdida de colonias de los diferentes tipos de explotación entre los tres inviernos analizados y entre las causas de pérdida, se realizaron por medio de la prueba de rangos Kruskal-Wallis (SAS, 2002).

### Resultados y Discusión

La tasa de pérdida de colonias en la región centro-

## Results and Discussion

The colony loss rate in the west-central region of the country was 23.61 % for winter 2016-2017 (95 % CI 19.97-27.24 %), 15.43 % for winter 2017-2018 (95 % CI 13.35-17.51 %) and 25.33 % in winter 2018-2019 (95 % CI 23.0-27.65 %). The loss rate in winter 2017-2018 was significantly lower (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 388.0$ ,  $p < 0.0001$ ) compared to the loss rate in winters 2016-2017 and 2018-2019. The values of winter loss of colonies, considered normal for the United States of America are 10 to 18 % (Van Engelsdorp et al., 2010), comparatively with this value and according to the information generated in the present study, it is estimated that 50 % of the surveyed beekeepers lost more than 18 % of their colonies in the winter 2016-2017, 38 % of the beekeepers presented loss rates higher than 18 % in the winter of 2017-2018, and 71 % in the winter 2018-2019. The above could be attributed, at least in part, to the different climatic conditions between the time periods analyzed. In addition, factors such as the different sanitary conditions (*V. destructor*, *Nosema spp.*, and various viruses) of the colonies and exposure to pesticides could be interacting and causing variable rates of colony loss (Neumann & Carreck, 2010). However, there have been variations in losses in each period and region since when comparing these results with reports from Mexico and other countries, it is observed that the rate of colony loss in the winters studied were lower than those estimated in the highlands and northern Mexico (33.4 %) for the winter 2015-2016 (Medina-Flores et al., 2018), and to those of beekeepers surveyed in the United States of America, which were: 32, 36, 29, 34, 34, 30, 22, 31, 24, 27 and 28 % in winters 2006-2007 to 2015-2016, respectively (Van Engelsdorp et al., 2007; 2008; 2010; Lee et al., 2015; Steinhauer et al., 2016; Kulhanek et al., 2017), but are higher than the average (12 %) colony loss in 29 European countries for the winter of 2015-2016 (Brodtschneider et al., 2016) and 20.9 % for the following winter (2016-2017) in 27 European countries in addition to Algeria, Israel and Mexico, whose estimated national loss rate for that period was 25 % (Brodtschneider et al., 2018). In Latin America there are few records on the rate of colony loss, so a specific comparison with the results of the present work cannot be made. However, there are some reports in countries such as Chile, Argentina and Uruguay, where losses of 5.9, 13.5 and 19.0 % respectively in the winter of 2015-2016 are reported, while in Colombia 10.8 % of colonies lost were reported

occidente del país fue del 23.61 % para el invierno 2016-2017 (CI 95 % 19.97-27.24 %), de 15.43 % para el invierno de 2017-2018 (CI 95 % 13.35-17.51 %) y de 25.33 % en el invierno de 2018-2019 (CI 95 % 23.0-27.65 %). La tasa de pérdida en el invierno de 2017-2018 fue significativamente menor (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 388.0$ ,  $p < 0.0001$ ) en comparación con la tasa de pérdida de los inviernos 2016-2017 y 2018-2019. Los valores de pérdida invernal de colonias, considerados normales para los Estados Unidos de América son del 10 al 18 % (Van Engelsdorp et al., 2010), comparativamente con este valor y de acuerdo a la información generada en el presente estudio, se estima que el 50 % de los apicultores encuestados perdieron más del 18 % de sus colonias en el invierno 2016-2017, el 38 % de los apicultores presentaron tasas de pérdida superiores al 18 % en el invierno de 2017-2018, y el 71 % en el invierno 2018-2019. Lo anterior pudiera ser atribuido, al menos en parte, a las diferentes condiciones climáticas entre los periodos de tiempo analizados. Además, factores como las diferentes condiciones sanitarias (*V. destructor*, *Nosema spp.*, y diversos virus) de las colonias y la exposición a pesticidas pudieran estar interactuando y provocando tasas variables de pérdida de colonias (Neumann & Carreck, 2010). Sin embargo, se han presentado variaciones en las pérdidas en cada periodo y región ya que al comparar estos resultados con reportes de México y otros países, se observa que la tasa de pérdida de colonias en los inviernos estudiados fueron inferiores a las estimadas en el altiplano y norte de México (33.4 %) para el invierno 2015-2016 (Medina-Flores et al., 2018), y a las de apicultores encuestados en los Estados Unidos de América, las cuales fueron: 32, 36, 29, 34, 30, 22, 31, 24, 27 y 28 % en los inviernos de 2006-2007 al 2015-2016, respectivamente (Van Engelsdorp et al., 2007; 2008; 2010; Lee et al., 2015; Steinhauer et al., 2016; Kulhanek et al., 2017), pero son superiores al promedio (12 %) de pérdida de colonias en 29 países europeos para el invierno de 2015-2016 (Brodtschneider et al., 2016) y del 20.9 % para el siguiente invierno (2016-2017) en 27 países europeos además de Argelia, Israel y México, cuya tasa estimada de pérdida nacional para dicho periodo fue de 25 % (Brodtschneider et al., 2018). En América latina existen pocos registros sobre la tasa de pérdida de colonias, por lo que no se puede hacer una comparación específica con los resultados del presente trabajo. Sin embargo, existen algunos reportes en países como en Chile, Argentina y Uruguay, donde se reportan pérdidas de 5.9, 13.5 y 19.0 % respectivamente en el invierno de 2015-2016, mientras que en Colombia se reportó un 10.8 % de colonias pérdidas para los inviernos de 2014 al 2016 (Requier et al., 2018) y del 50 % en Brasil durante los inviernos del 2013 al 2017 (Castilhos et al., 2019). De manera general, se observó que el 44.2 % (172 de 389) de los apicultores encuestados practican la apicultura

for the winters of 2014 to 2016 (Requier *et al.*, 2018) and 50 % in Brazil during the winters of 2013 to 2017 (Castilhos, 2019). Overall, it was observed that 44.2 % (172 out of 389) of the surveyed beekeepers practice migratory beekeeping, and in them there was 22.09 % colony loss (95 % CI: 19.70-24.49 %), while beekeepers who do not mobilize their colonies had 20.83 % loss (95 % CI: 18.43-23.22 %). In the comparison of these losses there were no significant differences (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 1.65$ ,  $p = 0.19$ ). It has been reported that the stress generated by the practice of migratory beekeeping makes bees more susceptible to diseases and their collapse (Lee *et al.*, 2015), contrary to this, in the present study there was no difference in colony loss between beekeepers who do and do not practice migratory beekeeping, so our results agree with those of Oldroyd (2007) and Van Engelsdorp *et al.* (2010), who suggest that migratory beekeeping is not a significant factor contributing to high colony losses in winter, indicating that the stress caused by transhumance is minimal or can be remedied by the beekeeper's management. In this regard, studies of beekeepers in more than 30 countries, mainly European, have been conflicting (Gray *et al.*, 2019; 2020). In relation to the size of the beekeeping operation, regardless of the winter analyzed, it was observed that the rate of colony loss did not differ significantly (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 3.04$ ,  $p = 0.21$ ) between hobby, secondary activity or professional type operations (Table 1).

The size of the beekeeping farm is a factor that has been associated with a high rate of colony loss (Chauzat *et*

migratoria, y en ellos hubo un 22.09% de pérdida de colonias (CI 95 %: 19.70-24.49 %), mientras que los apicultores que no movilizan sus colonias tuvieron 20.83 % de pérdida (CI 95 %: 18.43-23.22 %). En la comparación de estas pérdidas no hubo diferencias significativas (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 1.65$ ,  $p = 0.19$ ). Se ha reportado que el estrés generado por la práctica de la apicultura migratoria hace a las abejas más susceptibles a las enfermedades y su colapso (Lee *et al.*, 2015), contrario a esto, en el presente estudio no hubo diferencia en la pérdida de colonias entre apicultores que practican y no la apicultura migratoria, por lo que nuestros resultados coinciden con los de Oldroyd (2007) y Van Engelsdorp *et al.* (2010), quienes sugieren que la apicultura migratoria no es un factor significativo que contribuya a las altas pérdidas de colonias en invierno, lo cual indica que el estrés causado por la trashumancia es mínimo o puede ser remediado por el manejo del apicultor. Al respecto, los estudios realizados en apicultores de más de 30 países, principalmente europeos, han sido contradictorios (Gray *et al.*, 2019; 2020). En relación al tamaño de la explotación apícola, sin importar el invierno analizado, se observó que la tasa de pérdida de colonias no difiere significativamente (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 3.04$ ,  $p = 0.21$ ) entre operaciones tipo hobby, actividad secundaria o profesional (Tabla 1).

El tamaño de la explotación apícola es un factor que ha sido asociado a una alta tasa de pérdida de colonias (Chauzat *et al.*, 2016), ya que en las explotaciones apícolas profesionales es más probable que tengan un manejo más intenso y mayor hacinamiento, lo cual contribuye a la transmisión de enfermedades; mientras que los apicultores de tipo hobby, al

**Table 1.**  
Type of operation, number of surveyed beekeepers, number of colonies before and after Winter of 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019, average percentage of the loss of the honey bees colonies and confidence interval.

**Tabla 1.**  
Tipo de explotación, número de apicultores encuestados, número de colonias antes y después de los inviernos 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019, porcentaje promedio de pérdida de colonias de abejas melíferas e intervalo de confianza.

Type of operation	Surveyed beekeepers	Number of colonies before the winters of 2016-17, 2017-18 and 2018-19	Number of colonies after the winters of 2016-17, 2017-18 and 2018-19	Average (%) of loss of the colonies	Interval of confidence (95 %)
Hobby	215	5,842	4,575	21.68	17.9 – 22.6
Secondary activity	153	26,386	20,216	23.38	20.2 – 25.6
Professional	21	18,164	14,405	20.69	14.1 – 29.1

al., 2016), since professional beekeeping farms are more likely to have more intense management and greater overcrowding, which contributes to disease transmission; while hobby beekeepers, having fewer colonies, tend to be sedentary, and manage them less rigorously. Beekeepers for whom beekeeping is a secondary economic activity tend to fall between the two groups described above (Royce & Rossignol, 1990). However, in the present study, no significant differences were found in relation to the rate of colony loss between the different types of beekeeping operations, these results coincide with those reported in the United States of America (Van Engelsdorp *et al.*, 2010; Kulhanek *et al.*, 2017), and contrast with results generated in more than 35 countries, where beekeeping operations smaller than 50 colonies, had greater losses than larger operations (Gray *et al.*, 2019; 2020). This evidence suggests that the effect of transhumance on colony survival is still unclear, and that controlled studies are needed to determine the effect of distance, bee genotype, transfer technique and other factors on colony survival. As for the cause of colony loss, beekeepers in the central-western region attributed a higher rate of colony loss to queen-related problems (queenless, poor posture) than due to colony absconding or death of colonies (diseases, pests, intoxications, among others) and than to climatic problems (drought, frost). For the winter of 2017-2018 there was significantly less colony loss due to queen-related problems and lower proportion of dead colonies or empty hives than during the winters 2016-2017 and 2018-2019. While in the category of cause of loss due to weather problems there was no significant difference between the three winters analyzed (Table 2).

tener menos colonias, tienden a ser sedentarios, y las manejan menos rigurosamente. Los apicultores para los cuales la apicultura es una actividad económica secundaria, tienden a ubicarse entre los dos grupos antes descritos (Royce & Rossignol, 1990). Sin embargo, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en relación a la tasa de pérdida de colonias entre los diferentes tipos de explotaciones apícolas, estos resultados coinciden con los reportados en los Estados Unidos de América (Van Engelsdorp *et al.*, 2010; Kulhanek *et al.*, 2017), y contrastan con los resultados generados en más de 35 países, donde explotaciones apícolas menores a 50 colonias, tuvieron mayores pérdidas que las operaciones más grandes (Gray *et al.*, 2019; 2020). Estas evidencias sugieren que el efecto de la trashumancia sobre la sobrevivencia de las colonias aun no es claro, y que se requieren estudios controlados que determinen el efecto de la distancia, el genotipo de las abejas, la técnica de traslado y otros factores sobre la sobrevivencia de las colonias. En cuanto a la causa de la pérdida de las colonias, los apicultores de la región centro-occidente atribuyeron una mayor tasa de pérdida de colonias a problemas relacionados con la reina (zanganeras, mala postura) que debido a la evasión o muerte de colonias (enfermedades, plagas, intoxicaciones, entre otros) y que a problemas climáticos (sequías, heladas). Para el invierno de 2017-2018 hubo significativamente menor pérdida de colonias a causa de problemas relacionados con la reina y menor proporción de colonias muertas o colmenas vacías que durante los inviernos 2016-2017 y 2018-2019. Mientras que en la categoría de causa de pérdida por problemas climáticos no hubo diferencia significativa entre los tres inviernos analizados (Tabla 2).

**Table 2.**  
Rate (%) of loss (average and Interval of confidence to the 95 %) of honey bee colonies due to problems of the queen, climate problems or empty or dead, during the winter seasons of 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019.

**Tabla 2.**  
Tasa (%) de pérdida (media e intervalo de confianza al 95 %), de colonias de abejas melíferas a causa de problemas de la reina, problemas climáticos y vacías o muertas, durante los inviernos de 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019.

Cause of loss	Winter 2016-2017	Winter 2017-2018	Winter 2018-2019	$\chi^2$ y P
Problems of the queen	9.61 (7.0-12.7)	7.25 (6.3-8.1)	9.2 (7.8-10.5)	11.14, 0.003
Climate problems	6.45 (4.5-8.3)	3.2 (2.2-4.1)	5.9 (4.2-7.6)	3.07, 0.21
Empty or dead	7.55 (5.7-9.4)	5.0 (3.8-6.2)	10.2 (8.6-11.8)	34.44, < .0001

Some factors that beekeepers in central-western Mexico report as causes of colony loss coincide with those of U.S. beekeepers who have been surveyed for nine consecutive years. They attribute their colony losses mainly to poor queen quality, starvation, colony weakness in autumn, poor overwintering conditions (weather problems), *V. destructor*, pesticide effects (dead or empty hives) and Colony Collapse Disorder (Van Engelsdorp *et al.*, 2007; 2009; 2010; 2011; 2012; Spleen *et al.*, 2013; Steinhauer *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2015; Kulhanek *et al.*, 2017). In Europe, inadequate treatment against *V. destructor*, American foulbrood, nosemosis, bee access to monocultures, age and queen problems in summer have significantly affected colony winter mortality (Chauzat *et al.*, 2005; Van Der Zee *et al.*, 2014). In Canada, the *V. destructor* mite was found to be associated with 85 % of colony deaths during winter (Guzman-Novoa *et al.*, 2010). While in Brazil, pesticides are considered the main cause of colony loss (dos Santos *et al.*, 2018; Castilhos *et al.*, 2019). According to the information provided by the surveyed beekeepers, the results obtained in the present study suggest that problems derived from the queen were the main factors of colony loss, followed by dead colonies and/or empty hives (which could be caused by intoxications, diseases and absconding) and finally climatic problems, the above differs with the results of one of the COLOSS surveys in Europe (Gray *et al.*, 2019), where the main factor was death and/or empty hives (14 %), followed by queen problems (5 %) and lastly climatic problems (1.6 %) (Brodtschneider *et al.*, 2018). The above is probably due to differences in bee genotype and the management and environmental conditions of the different study sites (Giray *et al.*, 2007).

## Conclusions

Based on the results and conditions of the present study, it is estimated that the rate of colony loss in the central-western region of Mexico was moderately high overall (21.5 %), variable among the winters analyzed, and that transhumance and beekeeping farm size do not significantly influence these losses. It is recommended that beekeepers implement strategies to improve queen quality, reduce africanization of their colonies, avoid pesticide poisoning, as well as improve disease control. Greater participation by beekeepers and beekeeping organizations is needed to carry out multi-

Algunos factores que los apicultores del centro-occidente de México reportan como las causas de pérdida de sus colonias coinciden a los de apicultores de Estados Unidos de América que han sido encuestados durante nueve años consecutivos. Ellos atribuyen sus pérdidas de colonias principalmente a la mala calidad de las reinas, inanición, debilidad de las colonias en otoño, malas condiciones de invernada (problemas climáticos), las afectaciones por *V. destructor*, el efecto de los pesticidas (colmenas muertas o vacías) y el Síndrome del Colapso de las Colonias (Van Engelsdorp *et al.*, 2007; 2009; 2010; 2011; 2012; Spleen *et al.*, 2013; Steinhauer *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2015; Kulhanek *et al.*, 2017). En Europa, el tratamiento inadecuado contra *V. destructor*, loque americana, nosemosis, el acceso de las abejas a monocultivos, la edad y problemas de la reina en verano, han afectado significativamente la mortalidad invernal de las colonias (Chauzat *et al.*, 2005; Van Der Zee *et al.*, 2014). En Canadá, se encontró que el ácaro *V. destructor* se asocia al 85 % de las muertes de colonias durante el invierno (Guzman-Novoa *et al.*, 2010). Mientras que en Brasil los pesticidas son considerados la principal causa de pérdida de colonias (dos Santos *et al.*, 2018; Castilhos *et al.*, 2019). De acuerdo con la información brindada por los apicultores encuestados, los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que los problemas derivados de la reina fueron los principales factores de pérdida de colonias, seguido de colonias muertas y/o colmenas vacías (que pudiera ser ocasionado por intoxicaciones, enfermedades y evasión) y por último los problemas climáticos, lo anterior difiere con los resultados de una de las encuestas COLOSS en Europa (Gray *et al.*, 2019), donde el principal factor fue la muerte y/o colmenas vacías (14 %), seguido de problemas de las reinas (5 %) y por último los problemas climáticos (1.6 %) (Brodtschneider *et al.*, 2018). Lo anterior probablemente se deba a diferencias en el genotipo de las abejas y las condiciones de manejo y ambientales de los diferentes sitios de estudio (Giray *et al.*, 2007).

## Conclusiones

Con base a los resultados y condiciones del presente estudio se estima que la tasa de pérdida de colonias en la región centro-occidente de México fue moderadamente alta de manera general (21.5 %), variable entre los inviernos analizados y que la trashumancia y el tamaño de la explotación apícola no influyen significativamente en estas pérdidas. Se recomienda a los apicultores que implementen estrategias para mejorar la calidad de las reinas, reducir la africanización de sus colonias, evitar la intoxicación por plaguicidas, así como mejorar el control de enfermedades. Se requiere mayor participación de apicultores y organizaciones apícolas para la realización



year studies that will provide more precise knowledge of the factors associated with colony loss in the different regions of the Mexican Republic, which will make it possible to establish prevention and control strategies under local conditions.

de estudios plurianuales que permitan conocer con mayor precisión los factores asociados a la pérdida de colonias en las diferentes regiones de la república mexicana, lo que permitirá establecer estrategias de prevención y control bajo condiciones locales.

## References

- Brodschneider, R., Gray, A., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, F. M., Dahle, B., de Graaf, C. D., Drazic, M. M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gregorc, A., Grzeda, U., Hetzroni, A., Kauko, L., Kristianse, P.,... Danihlik, J. (2018). Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57(3): 452-457. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1460911>
- Brodschneider, R., Gray, A., Van der Zee, R., Adjlane, N., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, F. M., Crailsheim, K., Dahle, B., Danihlik, J., Danneels, E., de Graaf, C. D., Drazic, M. M., Fedoriak, M., Forsythe, I., Golubovski, M., Gregorc, A., Grzeda, U.,... Woehl, S. (2016). Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 55(5): 375-378. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1260240>
- Castilhos, D., Bergamo, G. C., Gramacho, K. P. and Gonçalves, L. S. (2019). Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. *Apidologie*, 50: 263-279. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00642-7>
- Chauzat, M. P., Jacques, A., EPILOBEE consortium., Laurent, M., Bougeard, S., Hendrikx, P. and Ribière-Chabert, M. (2016). Risk indicators affecting honeybee colony survival in Europe: one year of surveillance. *Apidologie*, 47(3): 348-378. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0440-z>
- Chauzat, M. P., Martel, A. C., Zeggane, S., Drajnudel, P., Schurr, F., Clément, M. C., Ribiere-Chaber, M., Aubert, M. and Faucon, J. P. (2005). A case control study and a survey on mortalities of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in France during the winter of 2005–6. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 40-51. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.06>
- Cox-Foster, D. L., Conlan, S., Holmes, E. C., Palacios, G., Evans, J. D., Moran, A. N., Quan, P. L., Briese, T., Hornig, M., Geiser, D. M., Martinson, V., vanEngelsdorp, D., Kalkstein, A. L., Drysdale, A., Hui, J., Zhai, J., Cui, L., Hutchison, K. S., Simons, F. J.,... Lipkin, W. A. (2007). A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science*, 318(5848): 283–286. <https://doi.org/10.1126/science.1146498>
- Dos Santos, C. F., Otesbelgue, A. and Blochtein, B. (2018). The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. *PLoS One*, 13(7): e0200286. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200286>
- Giray, T., Cakmak, I., Aydin, L., Kandemir, I., Inci, A., Oskay, D., Doke, A. M., Kence, M. and Kence, A. (2007). Preliminary survey results on 2006-2007 colony losses in Turkey. *Uludag Bee Journal*, 7(3): 101-107. [https://www.academia.edu/2715238/Preliminary\\_survey\\_results\\_on\\_2006\\_2007\\_colony\\_losses\\_in\\_Turkey](https://www.academia.edu/2715238/Preliminary_survey_results_on_2006_2007_colony_losses_in_Turkey)
- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Cornelissen, B., da Costa, A. C., Dahle, B., Danihlik, J., Drazic, M. M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gajda, A., de Graaf, D. C.,... Brodschneider, R. (2020). Honey bee colony winter loss rates for 35 countries participating in the COLOSS survey for winter 2018–2019, and the effects of a new queen on the risk of colony winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 59(5): 744-751. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1797272>
- Gray, A., Brodschneider, R., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Cornelissen, B., da Costa, C. A., Csáki, T., Dahle, B., Danihlik, J., Drazic, M. M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., de Graaf, D., Gregorc, A.,... Soroker, V. (2019). Loss rates of honey bee colonies during winter 2017/18 in 36 countries participating in the COLOSS survey, including effects of forage sources. *Journal of Apicultural Research*, 58(4): 479-485. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1615661>
- Guzmán-Novoa, E. (2016). Colony collapse disorder and other threats to honey bees. In: One Health Case Studies: Addressing Complex Problems in a Changing World. 5m Publishing. 205-216 pp. Sheffield, Yorkshire, UK.
- Guzmán-Novoa, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P. G. and 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. <https://doi.org/10.1051/apido/2009076>
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, H. J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, A. S., Kremen, C. and Tschamntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 274 (1608): 303-313. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kulhanek, K., Steinhauer, N., Rennich, K., Caron, D. M., Sagili, R. R., Pettis, J. S., Ellis, D. J., Wilson, E. M., Wilkes, J. T., Tarpy, D. R., Rose, R., Lee, K., Rangel, J. and van Engelsdorp, D. (2017) A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research*, 56(4): 328-340. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1344496>
- Le Conte, Y., Ellis, M. and Ritter, W. (2010). Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses?. *Apidologie*, 41(3): 353-363. <http://dx.doi.org/10.1051/apido/2010017>
- Lee, K V., Steinhauer, N., Rennich, K., Wilson, M. E., Tarpy, D. R., Caron, D. M., Rose, R., Delaplane, K. S., Baylis, K., Lengerich, E. J., Pettis, J., Skinner, J. A., Wilkes, J. T., Sagili, R., Vanengelsdorp, D. and for the Bee Informed Partnership. (2015). A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. *Apidologie*, 46(3): 292–305. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0356-z>
- Medina-Flores, C. A., Esquivel-Marín, N. H., López-Carlos, M., Medina-Cuellar, S. E. and Aguilera-Soto, J. I. (2018). Estimación de la pérdida de colonias de abejas melíferas en el altiplano y el norte de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14): 365-371. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1459>
- Morawetz, L., Köglberger, H., Griesbacher, A., Derakhshifar, I., Crailsheim, K., Brodschneider, R. and Moosbeckhofer, R. (2019). Health status of honey bee colonies (*Apis mellifera*) and disease-related risk factors for colony losses in Austria. *PLoS one*, 14(7): e0219293. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219293>
- Neumann, P. & Carreck, N. (2010). Honeybee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 1-6. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01>
- Oldroyd, B. P. (2007). What's Killing American Honey Bees? *PLoS Biol* 5(6): e168. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050168>
- Requier, F., Antúnez, K., Morales, C. L., Aldea, S. P., Castilhos, D., Garrido, M. P., Giacobino, A., Reynaldi, J. F., Rosso, L. J. M., Santos, E. and Garibaldi, A. L. (2018). Trends in beekeeping and honey bee colony losses in Latin America. *Journal of Apicultural Research*, 57(5): 657-662. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1494919>
- Royce, L. A. & Rossignol, P. A. (1990). Honey bee mortality due to tracheal mite parasitism. *Parasitology*, 100(1): 147-151. <https://doi.org/10.1017/S0031182000060236>
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halfert, G., Gonzalez, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., Maza, J., Pisanty, I., Urquiza-Hass, T., Ruiz, G. S. and Mendez, G. (2008). *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México D.F. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [https://www.researchgate.net/publication/323301351\\_Capital\\_natural\\_de\\_Mexico\\_Sintesis\\_evaluacion\\_del\\_conocimiento\\_y\\_tendencias\\_de\\_cambio\\_perspectivas\\_de\\_sustentabilidad\\_capacidades\\_humanas\\_e\\_institucionales](https://www.researchgate.net/publication/323301351_Capital_natural_de_Mexico_Sintesis_evaluacion_del_conocimiento_y_tendencias_de_cambio_perspectivas_de_sustentabilidad_capacidades_humanas_e_institucionales)
- Statistical Analysis System [SAS]. (2002) Statistical Analysis System. Version 9.0, Cary, NC.
- Spleen, A. M., Lengerich, E. J., Rennich, K., Caron, D., Rose, R., Pettis, J. S., Henson, M., Wilkes, J. T., Wilson, M. E., Stitzinger, J., Lee, K., Andree, M., Snyder, R., vanEngelsdorp, D. and for the Bee Informed Partnership. (2013). A national survey of managed honey bee 2011-12 winter colony losses in the United States: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 52(2): 44-53. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.2.07>
- Stankus, T. (2014). Reviews of science for science librarians: an update on honeybee colony collapse disorder. *Science Technology Libraries*, 33(3):228-260. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2014.912573>
- Steinhauer, N. A., Rennich, K., Wilson, M. E., Caron, D. M., Lengerich, E. J., Pettis, J. S., Rose, R., Skinner, J. A., Tarpy, D. R., Wilkes, J. T., vanEngelsdorp, D. and for the Bee Informed Partnership. (2014). A national survey of managed honey bee 2012-2013 annual colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 53(1): 1-18. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.1.01>
- Steinhauer, N., Kulhanek, K., Antúnez, K., Human, H., Chantawannakul, P., Chauzat, M. P. and vanEngelsdorp, D. (2018). Drivers of colony losses. *Current Opinion Insect Science*, 26 :142-148. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.004>
- Steinhauer, N., Rennich, K., Caron, M. D. Delaplane, K., Rangel, J., Rose, R., Sagili, R., Skinner, J., Wilkes, J. T., Wilson,

- M. E., Pettis, J. and vanEngelsdorp, D. (2016). Colony Loss 2015-2016: Preliminary Results. BIP 2016. <https://pnwhoneybeesurvey.com/wp-content/uploads/2016/06/PNW-SURVEY-posting-CanadaUS-Europe-losses.pdf>
- Van Der Zee, R., Brodschneider, R., Brusbardis, V., Charriere, J. D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Dahle, B., Drazic, M. M., Kauko, L., Kretavicius, J., Kristiansen, P., Mutinelli, F., Otten, C., Peterson, M., Raudmets, A., Santrac, V., Seppala, A., Soroker, V., Topolska, G.,...Gray, A. (2014). Results of international standardised beekeeper surveys of colony losses for winter 2012-2013: analysis of winter loss rates and mixed effects modelling of risk factors for winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 53(1): 19-34. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.1.02>
- Van Der Zee, R., Gray, A., Holzmann, C., Pisa, L., Brodschneider, R., Chlebo, R., Coffey, M. F., Kence, A., Kristiansen, P., Mutinelli, F., Nguyen, B. K., Nouredine, A., Peterson, M., Soroker, V., Topolska, G., Vejsnaes, F. and Wilkins, S. (2013). Standard survey methods for estimating colony losses and explanatory risk factors in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4): 1-36. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.18>
- Van Engelsdorp, D., Caron, D., Hayes, J., Underwood, R., Henson, M., Rennich, K., Spleen, A., Andree, M., Snyder, R., Lee, K., Roccasecca, K., Wilson, M., Wilkes, J., Lengerich, E., Pettis, J. and for the Bee Informed Partnership. (2012). A national survey of managed honey bee 2010-11 winter colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 51(1): 115-124. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.1.14>
- Van Engelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B. K., Frazier, M., Frazier, J., Cox-Foster, D., Chen, Y., Underwood, R., Tarp, D. R. and Pettis, D. J. (2009). Colony collapse disorder: a descriptive study. *PLoS One*, 4(8): e6481. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006481>
- Van Engelsdorp, D., Hayes, J. J., Underwood, R. M. and Pettis, J. (2008). A Survey of honey bee colony losses in the U.S. Fall 2007 to Spring 2008. *PLoS One*, 3(12): e4071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004071>
- Van Engelsdorp, D., Hayes, J. J., Underwood, R. M. and Pettis, J. S. (2010). A survey of honey bee colony losses in the United States, fall 2008 to spring 2009. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 7-14. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.03>
- Van Engelsdorp, D., Hayes, J. J., Underwood, R. M., Caron, D. and Pettis, J. (2011). A survey of managed honey bee colony losses in the USA, fall 2009 to winter 2010. *Journal of Apicultural Research*, 50(1): 1-10. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.50.1.01>
- Van Engelsdorp, D., Underwood, R., Caron, D. and Hayes, J. J. (2007) An estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007: a report commissioned by the Apiary Inspectors of America. *American Bee Journal*, 147(7): 599-603. [https://www.researchgate.net/publication/235257050\\_An\\_Estimate\\_of\\_Managed\\_Colony\\_Losses\\_in\\_the\\_Winter\\_of\\_2006-2007\\_A\\_Report\\_Commissioned\\_by\\_the\\_Apiary\\_Inspectors\\_of\\_America](https://www.researchgate.net/publication/235257050_An_Estimate_of_Managed_Colony_Losses_in_the_Winter_of_2006-2007_A_Report_Commissioned_by_the_Apiary_Inspectors_of_America)