


**Prevalencia e intensidad de varroosis y nosemosis de las abejas melíferas
(*Apis mellifera*) en seis regiones del estado de Jalisco, México**



Ana K. Ramos-Cuellar ^a

Álvaro De la Mora ^b

Francisca Contreras-Escareño ^c

Nuria Morfin ^d

José M. Tapia-González ^e

José O. Macías-Macías ^e

Tatiana Petukhova ^{f*}

Adriana Correa-Benítez ^a

Ernesto Guzman-Novoa ^b

^a Universidad Nacional Autónoma de México. FMVZ, Departamento de Medicina y Zootecnia de Abejas, Cd. Universitaria, Ciudad de México, 04510, México.

^b University of Guelph. School of Environmental Sciences, Guelph, ON, Canadá.

^c Universidad de Guadalajara. CUCSur, Depto. Prod. Agríc. Autlán, Jalisco, México.

^d University of British Columbia. Dept. Biochem. Mol. Biol., Vancouver, BC, Canadá.

^e Universidad de Guadalajara. CUSur, Depto. Cienc. Natur., Cd. Guzmán, Jal., México.

^f University of Guelph. Department of Population Medicine, Guelph, ON, Canadá.

*Autor de correspondencia: tpetukho@uoguelph.ca

Resumen:

Jalisco es uno de los principales estados productores de miel de abejas en México. Sin embargo, la información sobre parasitosis que afectan la productividad de las colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en el estado es limitada y de pocas regiones. El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia e intensidad de dos enfermedades parasitarias de *Apis mellifera*, varroosis (*Varroa destructor*) y nosemosis (*Vairimorpha* spp.), en seis regiones de Jalisco. Se analizaron abejas de 365 colonias colectadas durante la primavera. La varroosis fue la parasitosis más frecuente (90 %) y la nosemosis la menos frecuente (15 %). Los niveles de infestación o infección de las parasitosis fueron en general bajos. Para varroosis, <5 % (ácaros en 100 abejas) y para nosemosis, <310,000 esporas/abeja. Las regiones con mayor prevalencia e intensidad de *V. destructor* fueron Altos, Centro y Sur, mientras que las infecciones por *Vairimorpha ceranae*, la única especie del hongo encontrada, fueron significativamente más altas en las regiones Sureste y Sur. Se recomienda realizar estudios epidemiológicos en otras épocas del año para detectar posibles efectos estacionales de las parasitosis para diseñar estrategias para su control.

Palabras clave: *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, *Vairimorpha ceranae*, Jalisco, México.

Recibido: 22/03/2023

Aceptado: 01/11/2023

Introducción

La apicultura en México es una actividad de alto impacto ecológico, social y económico. Las abejas melíferas occidentales (*Apis mellifera*) brindan un importante servicio ambiental mediante la polinización de la flora nativa, lo que ayuda a mantener ecosistemas, además de polinizar cultivos de importancia económica⁽¹⁾. Adicionalmente, la apicultura representa una importante fuente de empleos e ingresos para el medio rural y de divisas para el país por la exportación de miel⁽²⁾. México, es uno de los líderes en la producción y exportación de miel de abejas en el mundo, y Jalisco es uno de los principales estados productores del dulce en el país. Jalisco alcanzó el tercer lugar de producción de miel en 2021 con 6,073 t, con un inventario de más de 145 mil colmenas⁽³⁾.

Las enfermedades de las abejas melíferas causan pérdidas estimadas en aproximadamente seis millones de dólares por año en México⁽⁴⁾, por lo que es importante conocer su prevalencia y distribución para poder controlarlas. Dentro de las enfermedades y parasitosis que afectan a las abejas melíferas destaca la varroosis causada por el ácaro ecto-parasitario *Varroa destructor*. Este parásito es considerado el problema sanitario que más daños causa a la

apicultura a nivel mundial⁽⁵⁻⁷⁾. El ácaro se alimenta de la hemolinfa y cuerpo graso de la abeja, inhibe su sistema inmune, acorta su vida y es vector de virus^(7,8-11). *Varroa destructor* fue reportado por vez primera en 1992 en Veracruz, México⁽¹²⁾ y actualmente se encuentra distribuido en todo el país⁽¹³⁾. Otra parasitosis de importancia es la nosemosis, la cual es causada por dos especies de hongos microsporidios, *Vairimorpha apis* y *V. ceranae*. Estos hongos infectan las células epiteliales del ventrículo de las abejas, lo que ocasiona trastornos digestivos que debilitan y acortan la vida de los insectos infectados y reducen la producción de miel^(14,15). *Vairimorpha apis* ha existido por muchos años en México, pero *V. ceranae*, fue detectado en 2010⁽¹⁶⁾, aunque posteriormente se obtuvo evidencia de su presencia en el estado de México desde 1995⁽¹⁷⁾.

En cuanto a la situación sanitaria de las colonias de abejas del estado de Jalisco, recientemente se reportó la prevalencia y grado de infestación del ácaro *V. destructor* en dos regiones del estado⁽¹⁸⁾. La prevalencia promedio fue de 88 % y el nivel de infestación de 5.2 % (número de ácaros en 100 abejas). Además de lo anterior, en Jalisco existe información sobre la presencia e intensidad de infecciones por hongos de *Vairimorpha* spp. en municipios del sur y sureste del estado, pero no en otras regiones. El 83.7 % de las muestras positivas presentaron una infección ligera⁽¹⁹⁾.

Para fines de la apicultura, el estado de Jalisco ha sido dividido en seis diferentes regiones que varían en topografía y clima, e incluyen las regiones de los Altos, Centro, Norte, Sierra Amula, Sur y Sureste. Más de la mitad de los productores y de las colmenas del estado se encuentran en las regiones Sur y Sureste⁽²⁰⁾.

Debido a que la información existente sobre la presencia de parasitosis que afectan a las abejas en el estado de Jalisco son parciales y disponible sólo para algunas regiones, se consideró relevante generar información actualizada sobre el nivel de infestación o infección de dos de las principales parasitosis que afectan a las abejas en México⁽¹³⁾ y si existe alguna relación entre ellas y las distintas regiones del estado. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia y nivel de infestación o infección de varroosis y nosemosis en muestras de abejas melíferas provenientes de seis regiones del estado de Jalisco, México.

Material y métodos

Muestreo

Se colectaron muestras de cría y abejas adultas de colonias ubicadas en 30 municipios dentro de las seis regiones apícolas del estado de Jalisco (Cuadro 1) al inicio de la primavera, durante los meses de marzo, abril y mayo de 2018. En cada municipio se visitaron dos o tres apiarios y de cada apiario se seleccionaron cinco colonias al azar. En total se muestrearon 365 colonias

y de cada una se colectaron las siguientes muestras: 1) una muestra de aproximadamente 300 abejas adultas colectadas del nido de cría en un envase de pet de 250 ml con etanol al 70 %, para el diagnóstico y determinación de los niveles de infestación de *V. destructor* en las abejas adultas; 2) una muestra de panal (10x10 cm) conteniendo cría operculada con pupas de ojos pigmentados, que fue transportada en una hielera con refrigerantes, para el diagnóstico y determinación de los niveles de infestación de *V. destructor* en la cría; 3) una muestra de aproximadamente 70-80 abejas adultas en un envase de pet de 250 ml con etanol al 70%, obtenida de la piquera de cada colmena, para el diagnóstico y determinación de los niveles de infección de *Vairimorpha* spp.

Cuadro 1: Regiones, municipios y número de muestras de abejas melíferas colectadas

Región	Municipio	Número de muestras
Altos	Atotonilco	11
	Lagos de Moreno	10
	Tepatitlán	15
	Zapotlanejo	15
Centro	Cocula	15
	Jamay	13
	Tlajomulco	15
	Tonalá	15
	Autlán	10
Sierra Amula	Cuautitlán	10
	La Huerta	10
	Mascota	15
	Tonaya	10
	Colotlán	5
	Encarnación de Díaz	15
Norte	Huejúcar	5
	Santa María	5
	Teocaltiche	15
	Yahualica	15
	Gómez Farias	8
	San Gabriel	10
	Sayula	15
Sur	Tapalpa	16
	Tolimán	5
	Zapotiltic	15
	Zapotlán el Grande	12
	Concepción de Buenos Aires	15
Sureste	Pihuamo	15
	Tamazula	15
	Tecalitlán	15

Procesamiento de las muestras

Los análisis para diagnosticar varroosis en la cría, varroosis en las abejas adultas y nosemosis, se realizaron en el Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE), ubicado en el Centro Universitario del Sur (CUSur) de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Zapotlán el Grande, Jalisco, México. También se realizaron análisis del ADN de las esporas de muestras positivas a *Vairimorpha* spp. para diferenciar entre *V. apis* y *V. ceranae*. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigaciones de Abejas Melíferas de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad de Guelph, en Guelph, Ontario, Canadá.

Diagnóstico y cuantificación de *Varroa destructor* en abejas adultas y cría

Para las abejas adultas, se utilizó la técnica de lavado con etanol⁽²¹⁾. El envase de cada muestra se agitó durante 3 min para separar los ácaros de las abejas y el contenido se vertió al interior de una coladera con malla de alambre de 8 cuadros/pulgada. Debajo de la coladera se colocó un recipiente de plástico cubierto con una tela de algodón blanco. Las abejas quedaron retenidas en la malla de alambre y los ácaros en la tela blanca. Posteriormente, se realizó el conteo de ácaros y abejas para determinar el porcentaje de infestación en adultos (número de ácaros en 100 abejas). Para determinar la infestación del ácaro en la cría, el procedimiento se realizó por observación directa bajo un microscopio estereoscópico. En cada muestra de panal se desopercularon 200 celdas en busca de la presencia de *V. destructor*, para contabilizar el número de celdas con presencia de ácaros y así determinar el porcentaje de celdas infestadas.

Diagnóstico y cuantificación de *Vairimorpha* spp.

El diagnóstico y cuantificación de la infección por *Vairimorpha* spp., se realizó mediante la observación y conteo de las esporas del parásito⁽²²⁾. Brevemente, se maceraron los abdómenes de 60 abejas por muestra con 60 ml de H₂O en un mortero y una gota del macerado se colocó en un portaobjetos para observar las esporas del parásito bajo un microscopio óptico (Olympus CX31; CDMX, México) a 400 X. En las muestras positivas se determinó la intensidad de la infección mediante el conteo de las esporas en una cámara de Neubauer.

En las muestras positivas a nosemosis también se realizó un diagnóstico molecular para diferenciar entre *V. apis* y *V. ceranae*. La extracción de ADN de las esporas y los procedimientos para PCR se realizaron de acuerdo con un protocolo estándar⁽²³⁾. Para la amplificación por PCR se utilizó un conjunto de tres cebadores específicos en una PCR

triplex que consistió en la co-amplificación del gen ARNr 16S de *V. apis* y *V. ceranae* con el gen de la proteína ribosomal S5 (RpS5) de la abeja melífera como control de la reacción. Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador Arktik (Thermo Scientific; Missisauga, ON, Canadá). Cada reacción contenía 1.5 µl de 10x amortiguador de pH para PCR (New England BioLabs; Pickering, ON Canadá), 0.5 µl de dNTPs 10 nM (Bio Basic Inc; Markham, ON Canadá), 1 µl de cada oligonucleótido 10 µM, 2 µl de ADN, 0.2 µl de Taq polimerasa 5 U/µl (Applied Biological Materials Inc.) y 8.8 µl de H₂O libre de nucleasas (Invitrogen; Burlington, ON, Canadá). Las secuencias de cebadores utilizadas, así como los ciclos de amplificación fueron los descritos por Hamiduzzaman *et al*⁽²³⁾.

Los productos de la PCR se separaron por electroforesis en geles de agarosa al 1.1 % y se tiñeron con bromuro de etidio. Las bandas amplificadas se capturaron con una cámara digital dentro de un Transiluminador UV (Benchtop-ItM Imaging System; Upland, CA, EUA).

Análisis estadísticos

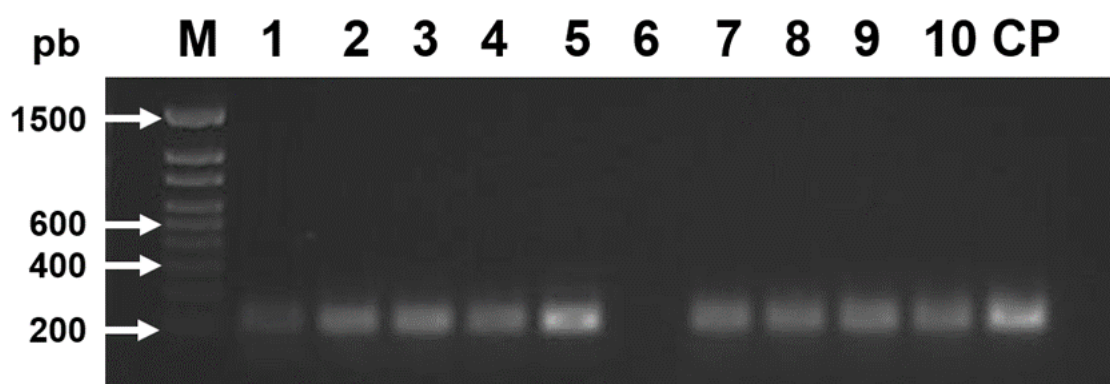
Para determinar si hubo diferencias entre regiones para las prevalencias de las parasitosis en las colonias estudiadas, los datos se analizaron con pruebas de comparación de equidad de proporciones y la corrección de Benjamini-Hochberg. Antes de analizar y comparar variables continuas como la intensidad de infestaciones o infecciones, los datos se sometieron a pruebas de Shapiro-Wilk y de Bartlett, para analizar los supuestos de normalidad y homocedasticidad, respectivamente. Los datos no tuvieron una distribución normal o fueron homocedásticos, por lo que se analizaron con pruebas de estadística no-paramétrica. Para comparar la intensidad de la varroosis y nosemosis entre regiones, los datos se sometieron a pruebas de Kruskal-Wallis. Cuando hubo significancia, se hicieron comparaciones por pares de tratamientos con la prueba de Dunn y la corrección de Benjamini-Hochberg. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa R 3.3.1 (Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Resultados

La parasitosis de mayor prevalencia en Jalisco fue la varroosis, la cual se detectó en el 90 % de las colonias muestreadas, mientras que la nosemosis sólo se detectó en el 15 % de ellas (Cuadro 2). De las dos especies de *Vairimorpha* que infectan a las abejas melíferas, solo se detectó a *V. ceranae* (Figura 1) y no se detectó *V. apis*. La intensidad de los agentes etiológicos diagnosticados se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Prevalencia e intensidad media de parasitosis (infestación o infección) de parásitos que afectan a colonias de abejas melíferas en el estado de Jalisco, México

Parásitos	N	Prevalencia (%)	Intensidad \pm E.E. ¹
<i>Varroa destructor</i> /cría	365	90.1	4.50 \pm 0.34 ¹
<i>Varroa destructor</i> /adultos	365	90.1	4.15 \pm 0.19 ¹
<i>Vairimorpha ceranae</i>	365	14.5	161,046 \pm 38,055 ²

¹Número de ácaros en 100 celdas de cría o en 100 abejas adultas.²Número de esporas por abeja.**Figura 1:** Fotografía de un gel de agarosa que muestra bandas de 218 pares de bases de un fragmento del gen ARN ribosomal de *Vairimorpha ceranae* en las columnas 1 a 5 y 7 a 10. En la reacción de RT-PCR se usa un control positivo (CP)

En los resultados por regiones, la prevalencia de *V. destructor* tanto en cría como en abejas adultas fue significativamente más alta en los Altos, Centro y Sur, que en el Norte ($P < 0.05$; Cuadros 3 y 4). Además, la intensidad de las infestaciones por *V. destructor* en la cría también varió entre regiones. El parasitismo más intenso del ácaro en la cría se encontró en colonias de las regiones Sur y Altos con $7.1 \pm 1.0 \%$ y $5.6 \pm 0.8 \%$, respectivamente. Estos niveles de infestación fueron significativamente más elevados que los encontrados en las colonias de las demás regiones, excepto la región Centro ($\chi^2 = 43.0$, $d = 5$, $P < 0.01$; Cuadro 3). En las abejas adultas también hubo diferencias entre regiones. El parasitismo más intenso por *V. destructor* se encontró nuevamente en colonias de las regiones Sur y Altos, con $4.6 \pm 0.4 \%$ y $5.9 \pm 0.5 \%$, respectivamente. Las intensidades de infestación del ácaro en las abejas adultas de las colonias de estas dos regiones y la región Centro, fueron significativamente más elevadas que las de la región Norte, con solo $2.7 \pm 0.4 \%$, pero no difirieron de las intensidades de infestación encontradas en las colonias de las demás regiones ($\chi^2 = 34.3$, $df = 5$, $P < 0.01$; Cuadro 4).

Cuadro 3: Prevalencia e intensidad media de parasitosis por *Varroa destructor* en la cría de colonias de abejas melíferas en diferentes regiones del estado de Jalisco, México

Región	N	Prevalencia (%)	Intensidad \pm EE ¹
Altos	51	88.2 ^a	5.60 \pm 0.83 ^a
Centro	58	81.0 ^a	4.15 \pm 0.53 ^{ab}
Sierra Amula	55	56.4 ^b	2.31 \pm 0.61 ^c
Norte	60	65.0 ^b	3.84 \pm 0.81 ^{bc}
Sur	81	86.4 ^a	7.07 \pm 1.01 ^a
Sureste	60	66.7 ^b	3.09 \pm 0.60 ^c

EE= error estándar.

¹Número de ácaros en 100 celdas de cría.^{abc} Literales diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).**Cuadro 4:** Prevalencia e intensidad media de parasitosis por *Varroa destructor* en obreras adultas de colonias de abejas melíferas en diferentes regiones del estado de Jalisco, México

Región	N	Prevalencia (%)	Intensidad \pm EE ¹
Altos	51	98.0 ^a	5.89 \pm 0.55 ^a
Centro	58	98.3 ^a	4.50 \pm 0.49 ^{ab}
Sierra Amula	55	90.9 ^a	3.60 \pm 0.42 ^{bc}
Norte	60	75.0 ^b	2.70 \pm 0.43 ^c
Sur	81	92.6 ^a	4.61 \pm 0.42 ^{ab}
Sureste	60	86.7 ^{ab}	3.72 \pm 0.45 ^{bc}

EE= error estándar.

¹Número de ácaros en 100 abejas adultas.^{abc} Literales diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Para la nosemosis, la prevalencia de la parasitosis causada por *V. ceranae* fue relativamente baja, variando del 7 al 18 %, sin encontrarse diferencias significativas entre regiones ($P > 0.05$, Cuadro 5). La intensidad de la infección causada por este parásito fue relativamente baja y varió entre $39,375 \pm 10,625$ y $309,091 \pm 166,960$ esporas/abeja en las colonias positivas de las distintas regiones estudiadas, entre las cuales hubo diferencias significativas para el nivel de infección ($\chi^2 = 11.1$, $df = 5$, $P < 0.05$).

Cuadro 5: Prevalencia e intensidad media de nosemosis (*Vairimorpha ceranae*) en obreras adultas de colonias de abejas melíferas en diferentes regiones del estado de Jalisco, México

Región	N	Prevalencia (%)	Intensidad \pm EE ¹
Altos	51	17.6	66,667 \pm 11,024 ^{bc}
Centro	58	12.1	107,143 \pm 22,961 ^{ab}
Sierra Amula	55	18.2	130,000 \pm 21,016 ^a
Norte	60	6.7	39,375 \pm 10,625 ^c
Sur	81	17.3	189,286 \pm 63,800 ^a
Sureste	60	18.3	309,091 \pm 166,960 ^a

EE= error estándar.

¹Número de esporas por abeja de las muestras que resultaron positivas.^{abc} Literales diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Discusión

La varroosis fue la parasitosis más prevalente, ya que se diagnosticó en el 90 % de las colonias muestreadas en Jalisco, aunque los niveles de infestación de *V. destructor* fueron en promedio bajos, con menos de 5 % de parasitismo tanto en la cría como en las abejas adultas. Estos resultados concuerdan con un estudio previo realizado en el estado, en el que se encontró una prevalencia del 88 % y un nivel de infestación del 5 % del parásito en colonias ubicadas en las regiones del Sur y Sureste de Jalisco⁽¹⁸⁾. Este estudio, sin embargo, fue más amplio, ya que se incluyeron regiones del Centro y Norte de Jalisco que no fueron estudiadas en el trabajo antes mencionado.

En otras regiones de México se han observado resultados similares a los de este estudio. Por ejemplo, en el norte del país, en el estado de Zacatecas, se reportó una prevalencia de varroosis de 88 % y un nivel de infestación de 5 % en otoño y de 3.5 % en primavera⁽²⁴⁾. Aunque el nivel de infestación se reportó en diferentes temporadas, los resultados no están muy alejados de los encontrados en este estudio. En la región del centro del país, en el Estado de México, se encontró un 100 % de prevalencia de varroosis en cinco municipios de la zona oriente, con el mayor grado de infestación de 7.9 % y el menor de 3.5 %⁽²⁵⁾. Alternativamente, en el Sureste de México, específicamente en el estado de Yucatán, se encontró una prevalencia de varroosis de 62.9 % en colonias de abejas que tenían un nivel de infestación de solo 1.7 %⁽²⁶⁾. Ambos porcentajes son menores a lo que se ha reportado en otros estados de México y en este estudio, lo cual podría deberse a que los trabajos antes mencionados se realizaron en estados del centro y norte del país en donde el clima es de templado a frío, a diferencia de Yucatán, en donde el clima es tropical. Se sabe que el entorno, junto con la africanización de las colonias de abejas, son de los factores que más influyen en las infestaciones de *V. destructor*⁽²⁷⁾. En Yucatán, el grado de africanización de las abejas es significativamente mayor que en otras regiones del país⁽²⁸⁾. En general, las colonias de abejas

ubicadas en climas templados suelen ser más susceptibles al ácaro debido a que suelen tener abejas con ascendencia predominantemente europea, además del estrés que ejercen las condiciones climáticas de invierno que afectan la sobrevivencia de las colonias, porque durante parte del invierno las abejas reinas dejan de poner huevos o reducen drásticamente su postura y por consiguiente la población de abejas adultas⁽²⁹⁾. En contraposición, en regiones tropicales, las colonias de abejas se ven menos afectadas por las infestaciones del ácaro, en gran medida debido a que en estas regiones predomina la ascendencia africana que está fuertemente asociada a características que confieren a las abejas un mayor grado de resistencia al parásito en comparación con abejas predominantemente europeas^(24,30-32).

Aunque la prevalencia de la varroosis es alta en Jalisco y otras regiones del país, este es un resultado esperable porque el comportamiento de las abejas y su manejo actual favorecen la dispersión de *V. destructor* entre colonias. Las abejas (obreras y zánganos) frecuentemente se equivocan de colonia y entran a otras colonias, llevando ácaros consigo⁽³³⁾. También el pillaje (robo) de miel entre colonias favorece la dispersión del ácaro⁽⁷⁾. Además, la corta distancia entre colmenas en los apiarios favorece su dispersión⁽³⁴⁾.

El nivel medio de infestación de *V. destructor* encontrado en las colonias de Jalisco fue en general bajo, menor al 5 %, como lo recomienda la norma mexicana para el control de la varroosis⁽³⁵⁾. Sin embargo, en algunas regiones como la Sur y Altos, los niveles de infestación fueron superiores al 5 %, mientras que en la región Norte fueron menores al 4 %. Esto en parte podría explicarse por la densidad de colmenas que hay en las diferentes regiones, ya que en el Sur, se encuentra concentrado el mayor número de colmenas del estado en una extensión territorial relativamente pequeña si se compara con las demás regiones, mientras que en la región Norte, hay una menor concentración de colmenas en una mayor extensión territorial⁽²⁰⁾.

Las implicaciones de estos resultados incluyen que, en ciertas regiones como la Sur y Altos, el mayor parasitismo por *V. destructor* pudiera afectar el desarrollo de las colonias y la producción de miel como lo demostraron Medina-Flores *et al*⁽³⁶⁾ y Emsen *et al*⁽³⁷⁾, quienes encontraron que colonias con más de 5 % de infestación por *V. destructor* producen significativamente menos miel que colonias con niveles menores de parasitismo. Arechavaleta-Velasco y Guzman-Novoa⁽³⁸⁾ también encontraron que colonias con 2 % de infestación por *V. destructor*, produjeron 65 % más miel cuando fueron tratadas, en comparación con colonias con 7 % de infestación que no fueron tratadas. Por lo tanto, se recomienda que los apicultores de regiones donde se encontraron altos niveles de varroosis (>5 %) monitoreen y usen medidas de control del ácaro en sus colonias con mayor frecuencia, manteniendo el número de tratamientos al mínimo posible para no promover resistencia del parásito.

La nosemosis fue la enfermedad de las abejas menos prevalente en el estado de Jalisco, ya que se diagnosticó en solamente el 15 % de las colonias muestreadas, además de que en todas las muestras positivas sólo se detectó *V. ceranae*, y en ningún caso *V. apis*. Es posible que *V. ceranae* haya desplazado a *V. apis* como parece haber ocurrido en otros países^(39,40), pero también es posible que *V. ceranae* haya sido históricamente la única especie de *Vairimorpha* presente en Jalisco, lo cual es difícil de probar, ya que este es el primer estudio que determina la especie de *Vairimorpha* que infecta a las abejas en Jalisco. Futuros estudios son necesarios para apoyar estas hipótesis. En cuanto a la intensidad de la infección por *V. ceranae*, esta fue relativamente baja, ya que todas las muestras positivas se clasificaron con niveles de infección muy ligeros (< 310,000 esporas/abeja)⁽⁴¹⁾.

En el presente trabajo, no se encontraron diferencias significativas para la prevalencia de *V. ceranae* entre las regiones, aunque si hubo diferencias significativas en la intensidad de las infecciones, ya que las colonias de las regiones Sureste, Sur y Sierra Amula presentaron niveles de infección más altos que las del resto de las regiones. Estos resultados podrían explicarse, al menos parcialmente, por el tipo de clima que predomina, ya que estas regiones son más húmedas, lo cual favorece la presencia y desarrollo del microsporidio⁽¹⁴⁾.

La prevalencia e intensidad de las infecciones de nosemosis observadas en este estudio fueron menores a las encontradas previamente en Yucatán, con una frecuencia de 74 % y una intensidad de infección de 1'480,000 esporas/abeja⁽²⁶⁾. En Nayarit, también se encontró una prevalencia de nosemosis mayor que la de este estudio (55.4 % en invierno y 33 % en verano), pero la intensidad de la infección fue menor, con un promedio de 145,000 esporas/abeja en invierno y de 47,000 esporas/abeja en verano⁽⁴²⁾. La baja prevalencia de nosemosis encontrada en este estudio coincide con la de un trabajo realizado en Zacatecas, ya que la presencia de *Vairimorpha* spp. se detectó en solo el 4.7 % de las colonias muestreadas⁽⁴³⁾. Esto podría deberse a que el clima de las zonas de Zacatecas donde se realizaron los muestreos es similar al del altiplano del estado de Jalisco, en donde se colectaron la mayoría de las muestras de este estudio.

En el único estudio previo en el que se analizó la nosemosis de las abejas en el Sur y Sureste del estado de Jalisco, se encontró que las colonias positivas a nosemosis tenían niveles de infección ligeros o inferiores a ligeros⁽¹⁹⁾, similar a los resultados aquí presentados. Los resultados coincidentes de ambos estudios realizados en Jalisco se podrían deber a que no existen en la mayoría de las regiones del estado condiciones ambientales que favorezcan la multiplicación del agente etiológico de la enfermedad, al menos en primavera, cuando se colectaron las muestras de ambos estudios. La intensidad de infección de la nosemosis de las abejas suele ser estacional. En los países de climas templados y fríos y en latitudes mayores a los 30°, la intensidad de las infecciones de *V. apis* o *V. ceranae* tienen un pico elevado en primavera y principios del verano, pero disminuye en otras estaciones^(14,15). A diferencia de lo anterior, en el altiplano mexicano, las infecciones por *V. ceranae* son más intensas en

verano y otoño y menos intensas en invierno y primavera⁽¹⁷⁾. Por lo anterior, habría que muestrear las colonias en verano y otoño para determinar si la intensidad de la infección por *V. ceranae* se dispara con respecto a la primavera. Estos estudios permitirían confirmar si la nosemosis es un problema grave o no para la apicultura del estado de Jalisco, y de serlo, en que épocas del año lo es.

Conclusiones e implicaciones

La parasitosis de las abejas melíferas más prevalente en el estado de Jalisco fue la varroosis, la cual se detectó en el 90 % de las colonias, mientras que la parasitosis con menor prevalencia, fue la nosemosis, detectada en el 15 % de las colonias muestreadas. Además, de las dos especies de *Vairimorpha* que se analizaron en las muestras, solo se detectó a *V. ceranae*. Los niveles de infestación o infección para las parasitosis fueron en general bajos. Para la varroosis fueron <5 % y para la nosemosis, las infecciones fueron clasificadas como muy ligeras (<310,000 esporas/abeja). Las regiones con mayor prevalencia e intensidad de infestaciones por *V. destructor* en la cría y abejas adultas fueron las de los Altos, Centro y Sur. Para la prevalencia de nosemosis no se encontraron diferencias significativas entre colonias de diferentes regiones, pero si para el nivel de infección, siendo las regiones Sureste, Sur y Sierra Amula, las que tuvieron colonias con infecciones de mayor intensidad. Se recomienda realizar estudios adicionales con muestreos en varias estaciones del año y por varios años, para conocer bajo que condiciones y épocas, las parasitosis estudiadas pudieran ser más dañinas a la apicultura y para diseñar estrategias de control.

Agradecimientos y conflictos de interés

Los autores agradecen a los 42 apicultores que amablemente facilitaron la colecta de las muestras de sus colonias. A Salvador Hernández y Magali Rodríguez que proporcionaron la información de los apicultores participantes. A Sara Dino, Ulises Nuño, Shaira Alvarado y Miriam Rángel, que ayudaron en la colecta de las muestras. Este estudio fue parcialmente financiado por fondos para la investigación del CUSur otorgados a J.T. y por el fondo Pinchin de la Universidad de Guelph a E.G. Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Literatura citada:

1. Paudel YP, Mackereth R, Hanley R, Qin W. Honey bees (*Apis mellifera* L.) and pollination issues: Current status, impacts, and potential drivers of decline. *J Agric Sci* 2015;7(6):93. <https://doi:10.5539/jas.v7n6p93>.
2. Magaña MMA, Tavera-Cortés ME, Salazar-Barrientos LL, Sanginés-García JR. Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *REMEXCA* 2016;7(5):1103-1115.

3. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario, edición 2022. México. 2022: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; 2022. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>.
4. Guzman-Novoa E, Correa-Benítez A. Patología, Diagnóstico y Control de las Principales Enfermedades y Plagas de las Abejas Melíferas. 2da ed. CDMC, México: Imagen Editorial Yire; 2015.
5. Kevan PG, Hannan MA, Ostiguy N, Guzman-Novoa E. A summary of the Varroa-virus disease complex in honey bees. *Am Bee J* 2006;146:694-697.
6. Guzman-Novoa E, Eccles L, Calvete Y, McGowan J, Kelly PG, Correa-Benítez A. *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie* 2010;41(4):443-450. <https://doi.org/10.1051/apido/2009076>.
7. Rosenkranz P, Aumeier P, Ziegelmann B. Biology and control of *Varroa destructor*. *J invertebr Pathol* 2010;103:S96-S119.
8. Koleoglu G, Goodwin PH, Reyes-Quintana M, Hamiduzzaman MM, Guzman-Novoa, E. Effect of *Varroa destructor*, wounding and varroa homogenate on gene expression in brood and adult honey bees. *PloS ONE* 2017;12(1):e0169669. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169669>.
9. Koleoglu G, Goodwin PH, Reyes-Quintana M, Hamiduzzaman MM, Guzman-Novoa, E. *Varroa destructor* parasitism reduces hemocyte concentrations and prophenol oxidase gene expression in bees from two populations. *Parasitol Res* 2018;117(4):1175-1183. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-5796-8>.
10. Ramsey SD, Ochoa R, Bauchan G, Gulbranson C, Mowery JD, Cohen A, et al. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *PNAS* 2019;116(5):1792-1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>.
11. Reyes-Quintana M, Espinosa-Montaña LG, Prieto-Merlos D, Koleoglu G, Petukhova T, Correa-Benítez A, et al. Impact of *Varroa destructor* and deformed wing virus on emergence, cellular immunity, wing integrity and survivorship of Africanized honey bees in Mexico. *J Invertebr Pathol* 2019;164:43-48. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.04.009>.
12. Chihu-Amparan D, Rojas-Avalos L, Rodríguez-Dehaibes S. Presencia en Veracruz, México del ácaro *Varroa jacobsoni*, causante de la varroasis de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). *Tec Pecu Méx* 1992;30:2.

13. Correa-Benítez A, Anguiano-Baez R, Heneidi-Zeckua A, Dávalos-Flores JL, Peña-Haaz NT, Pérez-Martínez EE, *et al.* Prevalence of adult honey bee (*Apis mellifera* L.) pests and pathogens in the five beekeeping regions of Mexico. *Animals* 2023;13:1734. <https://doi.org/10.3390/ani13111734>.
14. Goblirsch M. *Nosema ceranae* disease of the honey bee (*Apis mellifera*). *Apidologie* 2018;49(1):131-150. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0535-1>.
15. Emsen B, De la Mora A, Lacey B, Eccles L, Kelly PG, Medina-Flores CA, *et al.* Seasonality of *Nosema ceranae* infections and their relationship with honey bee populations, food stores, and survivorship in a North American region. *Vet Sci* 2020;7(3):131. <https://doi.org/10.3390/vetsci7030131>.
16. Guzman-Novoa E, Correa-Benítez A, Espinosa-Montaña LG, Guzman-Novoa GG. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Vet Mex* 2011;42(2):149-178.
17. Guerrero-Molina C, Correa-Benítez A, Hamiduzzaman MM, Guzman-Novoa E. *Nosema ceranae* is an old resident of honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Mexico, causing infection levels of one million spores per bee or higher during summer and fall. *J Invertebr Pathol* 2016;141:38-40. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2016.11.001>.
18. Tapia-González JM, Alcazar-Oceguera G, Macías-Macías JO, Contreras-Escareño F, Tapia-Rivera JC, Petukhova T, *et al.* Varroosis en abejas melíferas en diferentes condiciones ambientales y regionales de Jalisco, México. *Ecosist Rec Agropec* 2019;6(17):243-251. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2018>.
19. Tapia-González JM, Alcazar-Oceguera G, Macías-Macías JO, Contreras-Escareño F, Tapia-Rivera JC, Chavoya-Moreno FJ, *et al.* Nosemosis en abejas melíferas y su relación con factores ambientales en Jalisco, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2017;8(3):325-330. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4510>.
20. Contreras-Escareño F, Pérez-Armendáriz B, Echazarreta CM, Cavazos-Arroyo J, Macías-Macías JO, Tapia-González JM. Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2013;4(3):387-398.
21. Dietemann V, Nazzi F, Martin SJ, Anderson DL, Locke B, Delaplane, KS, *et al.* Standard methods for varroa research. *J Apic Res* 2013;52:1-54. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.09>.
22. Cantwell GE. Standard methods for counting *Nosema* spores. *Am Bee J* 1970;110:222–223.

23. Hamiduzzaman MM, Guzman-Novoa E, Goodwin PH. A multiplex PCR assay to diagnose and quantify *Nosema* infections in honey bees (*Apis mellifera*). J Invertebr Pathol 2010;105(2):151-155. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.06.001>.
24. Medina-Flores CA, Guzman-Novoa E, Hamiduzzaman M, Aréchiga-Flores CF, López-Carlos MA. Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological regions in Mexico. Genet Mol Res 2014;13(3):7282-7293.
25. Martínez-Cesáreo M, Rosas-Córdoba J, Prieto-Merlos D, Carmona-Gasca A, Peña-Parra B, Ávila-Ramos F. Presencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en abejas (*Apis mellifera*) de la región oriente del Estado de México. Abanico Vet 2016;6(2):30-38. <https://doi.org/10.21929/abavet2016.62.3>.
26. Martínez-Puc JF, Medina-Medina LA, Catzín-Ventura GA. Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. Rev Mex Cienc Pecu 2011;2(1):25-38.
27. Moretto G, Gonçalves LS, De Jong D, Bichuette MZ. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. Apidologie 1991;22(3):197-203. <https://doi.org/10.1051/apido:19910303>.
28. Domínguez-Ayala R, Moo-Valle H, May-Itzá WDJ, Medina-Peralta S, Quezada-Euán JJG. Stock composition of northern neotropical honey bees: mitotype and morphotype diversity in Mexico (Hymenoptera: Apidae). Apidologie 2016;47(5): 642-652.
29. Doeke MA, Frazier M, Grozinger CM. Overwintering honey bees: biology and management. Curr Opin Insect Sci 2015;10:185-193. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.014>.
30. Guzman-Novoa E, Vandame R, Arechavaleta ME. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in Mexico. Apidologie 1999;30(2-3):173-182. <https://doi.org/10.1051/apido:19990207>.
31. Medina LM, Martin SJ. A comparative study of *Varroa jacobsoni* reproduction in worker cells of honey bees (*Apis mellifera*) in England and Africanized bees in Yucatan, Mexico. Exp Appl Acarol 1999;23(8):659-667. <https://doi.org/10.1023/A:1006275525463>.
32. Martin SJ, Medina LM. Africanized honeybees have unique tolerance to varroa mites. Trends Parasitol 2004;20(3):112-114. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.01.001>.

33. Goodwin RM, Taylor MA, Mcbrydie HM, Cox HM. Drift of *Varroa destructor*-infested worker honey bees to neighboring colonies. *J Apic Res* 2006;45(3):155. <https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101335>.
34. Nolan MP, Delaplane KS. Distance between honey bee *Apis mellifera* colonies regulates populations of *Varroa destructor* at a landscape scale. *Apidologie* 2017;48(1):8-16. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0443-9>.
35. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ZOO-1994, Campaña Nacional contra la Varroasis de las Abejas. Diario Oficial de la Federación, México, D. F., 28 de abril de 1994.
36. Medina-Flores CA, Guzman-Novoa E, Aréchiga-Flores CF, Aguilera-Soto JI, Gutiérrez-Piña FJ. Efecto del nivel de infestación de *Varroa destructor* sobre la producción de miel de colonias de *Apis mellifera* en el altiplano semiárido de México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2011;2(3):313-317.
37. Emsen B, Guzman-Novoa E, Kelly PG. Honey production of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies with high and low *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) infestation rates in eastern Canada. *Can Entomol* 2014;146(2):236-240. <https://doi.org/10.4039/tce.2013.68>.
38. Arechavaleta-Velasco ME, Guzman-Novoa E. Producción de miel de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con fluvalinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. *Vet Mex* 2000;381-384.
39. Emsen B, Guzman-Novoa E, Hamiduzzaman MM, Eccles L, Lacey B, Ruiz-Pérez RA, et al. Higher prevalence and levels of *Nosema ceranae* than *Nosema apis* infections in Canadian honey bee colonies. *Parasitol Res* 2016;115(1):175-181. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4733-3>.
40. Martín-Hernández R, Bartolomé C, Chejanovsky N, Le Conte Y, Dalmon A, Dussaubat C, et al. *Nosema ceranae* in *Apis mellifera*: a 12 years postdetection perspective. *Environ Microbiol* 2018;20(4):1302-1329. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14103>.
41. Jaycox ER. Estimation of the severity of *Nosema* infection. University of Illinois, Bull 1980.
42. Loeza-Concha H, Salgado-Moreno S, Avila-Ramos F, Escalera-Valente F, Lemus-Flores C, Domínguez-Rebolledo A, et al. Seasonal variation in the prevalence of *Varroa*, *Nosema* and *Acarapis* in hives from which queen bee mating nuclei are produced. *J Apic Res* 2020;59(4):558-563. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1717060>.

43. Medina-Flores CA, Guzman-Novoa E, Espinoza-Montaña LG, Uribe-Rubio JL, Gutierrez-Luna R, Gutierrez-Piña FJ. Frequency of varroosis and nosemosis in honey bee (*Apis mellifera*) colonies in the state of Zacatecas, Mexico. Rev Chapingo Serie Cienc Forest Amb 2014;20(3):159-167. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.08.028>.