



NOTAS BREVES

Transmisión inter-específica de patógenos de *Apis mellifera* a himenópteros polinizadores no *Apis* Spillover from *Apis mellifera* to non-*Apis* pollinating hymenoptera

Anais Rodríguez Luis, Carlos A. Yadró

1 Centro de Investigaciones Apícolas (CIAPI), Carretera de El Cano a El Chico, Km 0, Arroyo Arenas, La Lisa, La Habana, Cuba

*reserva_r@ciapi.minag.cu



Palabras clave

Apis mellifera
Transmisión inter-
específica
Polinizadores no *Apis*

Keywords

Apis mellifera
Spillover
Non-*Apis* pollinating

Editor: Daylen Guanche,
CIAPI, Cuba

Recibido Febrero 19, 2022

Aceptado Febrero 27, 2022

Copyright:© This work by Rodríguez and Yadró is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Como citar este artículo:

Rodríguez, A. y Yadró, C. A. (2022). "Transmisión inter-específica de patógenos de *Apis mellifera* a himenópteros polinizadores no *Apis*". Apiciencia. 24 (1)

Varios son los factores asociados con la disminución de la población de polinizadores no *Apis*, incluido el aumento de los patógenos de *A. mellifera* a estas especies como consecuencia de los eventos de transferencia inter-específicos. Algunos de los virus más comunes en las abejas melíferas y el microsporidio *Nosema ceranae* que han sido relacionados con el Síndrome de Colapso de las Colmenas también se han detectado en abejorros, abejas sin aguijón, abejas solitarias y avispas sociales. La pérdida de polinizadores en las próximas décadas podría ser un factor crítico en la sostenibilidad de las poblaciones humanas.

Several are the factors associated with the decrease in the population of non-*Apis* pollinators, including the increase in *A. mellifera* pathogens to these species as a consequence of inter-specific transfer events. Some of the most common viruses in honey bees and *Nosema ceranae* microsporidium related to Colony Collapse Syndrome have also been detected in bumble bees, stingless bees, solitary bees, and social wasps. The loss of pollinators in the coming decades could be a critical factor in the sustainability of human populations.

Introducción

Las abejas sociales y solitarias, los abejorros, las avispas, las moscas, los escarabajos, las mariposas y las polillas constituyen la gran mayoría de los polinizadores del mundo y son de especial importancia para la agricultura (Salvarrey 2019). El 90% de las plantas con flor necesitan de los polinizadores, es por eso que son considerados especies clave para el mantenimiento de las comunidades vegetales, la biodiversidad y los cultivos. Su papel en la reproducción de los cultivos se calcula en más de 225 billones de dólares a nivel mundial (Gallai, Salles et al. 2009). Una gran parte de este valor proviene de la actividad polinizadora de la abeja *Apis mellifera* (Morse and Calderone 2000). Sin embargo, existen cultivos que son polinizados exclusivamente o con mayor eficiencia por especies no *Apis* (Brittain, Williams et al. 2013, Rader, Bartomeus et al. 2016). En los Estados Unidos se estima que cultivos de frutos por valor de 3 billones de dólares dependen de polinizadores nativos (Losey and Vaughan 2006). Actualmente se considera que una polinización efectiva y eficiente requiere la participación simultánea de *A. mellifera* y de otras especies nativas con capacidad polinizadora (Brittain, Williams et al. 2013). Sin embargo, estos polinizadores nativos constituyen en su mayoría poblaciones no manejadas ni explotadas comercialmente lo que ha limitado la disponibilidad de recursos para su investigación.

En las últimas dos décadas se ha registrado el declive de poblaciones de abejas melíferas, abejorros del género *Bombus* y otros insectos polinizadores a nivel mundial, advirtiendo las consecuencias ecológicas y productivas que esto podría acarrear (Bommarco, Lundin et al. 2012, Vanbergen and Initiative 2013, Geldmann and González-Varo 2018). Recientemente se señaló que la pérdida de polinizadores en las próximas décadas podría ser un factor crítico en la sostenibilidad de las poblaciones humanas (Chaplin-Kramer, Sharp et al. 2019). Entre los diversos factores relacionados con esta situación se encuentran el cambio climático, la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales, el uso excesivo de pesticidas y agroquímicos, la globalización, la competencia con especies exóticas y una mayor susceptibilidad a parásitos y patógenos (Goulson 2010, Cameron, Lozier et al. 2011, Goulson, Nicholls et al. 2015). Este último aspecto ha sido ampliamente documentado en Europa y América del Norte.

Trasmisión inter-específica de patógenos

Diferentes grupos de parásitos, patógenos y virus son especie-específico mientras que otros son compartidos por algunos grupos de insectos (Daszak, Cunningham et al. 2000, Manley, Boots et al. 2015). El extenso comercio y movimiento de abejas melíferas y en menor medida algu-

nas especies de *Bombus* (ej. *B. terrestris*) ha provocado la dispersión de patógenos a nuevas regiones donde anteriormente no se encontraban, fenómeno conocido como “derrame de patógenos” (spillover) (Daszak, Cunningham et al. 2000, Graystock, Goulson et al. 2015).

Virus de ARN y *Nosema ceranae*

Uno de los ejemplos más claros de esta transferencia de patógenos es la de los virus ARN de las abejas melíferas y el del microsporidio *Nosema ceranae*.

De los principales virus de ARN de *A. mellifera* los más comunes son el Virus de la parálisis aguda (ABPV), el Virus de las celdas reales negras (BQCV), el Virus de las alas deformadas (DWV), el Virus de la parálisis de Israel (IAPV) el Virus Kashmir (KBV), el Virus de la cría ensacada (SBV) y el Virus de la parálisis crónica (CBPV). Estas infecciones virales transcurrían de manera asintomática en las colonias de abejas. Sin embargo, la presencia del ácaro *Varroa destructor* y otros factores de estrés provocan depresión inmunológica y consecuentemente el aumento de la carga viral y la aparición de síntomas (Martin 2001). El rango de hospedadores para estas infecciones virales varía desde especies cercanamente relacionadas hasta otras más distantes filogenéticamente encontrándose en abejorros (Gamboa, Ravoet et al. 2015, Alger, Burnham et al. 2019), abejas sin aguijón (Ueira-Vieira, Almeida et al. 2015, Alvarez, Reynaldi et al. 2018), algunas especies silvestres solitarias como *Xylocopa augusti* (en la que se detectó DWV) (Lucia, Reynaldi et al. 2014) y en otros insectos polinizadores como mariposas del orden Lepidoptera (Levitt, Singh et al. 2013) y en sírfidos (Diptera) (Bailes, Deutsch et al. 2018). El rango más amplio de hospedadores se ha registrado para DWV, pero varios de estos virus han sido detectados en numerosas clases de artrópodos, fundamentalmente en Insecta (Levitt, Singh et al. 2013). De manera general los cuatro principales órdenes de insectos polinizadores *Hymenoptera*, *Diptera*, *Lepidoptera* y *Coleoptera* resultan infectados por estos virus y los grupos más afectados corresponden fundamentalmente a especies de abejorros, abejas solitarias, abejas sin aguijón, hormigas y moscas (Levitt, Singh et al. 2013, Manley, Boots et al. 2015). Más allá de la infección pasiva por estos virus que pudiera derivar de la ingestión de partículas virales, se ha registrado la replicación de DWV, BQCV, IAPV y CBPV en especies cercanas a *A. mellifera* (Manley, Boots et al. 2015). Algunos de estos virus han sido detectados en replicación en especies de géneros más alejados como las cucarachas del género *Blattella* y las tijeretitas del género *Forficula* (Levitt, Singh et al. 2013).

Otro parasito común de *A. mellifera* es *Nosema ceranae*. Este es un microsporidio que coloniza el tracto digestivo de las abejas y provoca la destrucción de las células epitelia-

les. Originalmente descrito en *Apis cerana*, este parásito realizó un cambio de hospedador hacia *A. mellifera* y hoy se encuentra distribuido casi a nivel mundial (Fries, Feng et al. 1996, Ellis and Munn 2005, Higes, Martín et al. 2006). Además, su presencia ha sido diagnosticada fundamentalmente en especies del género *Bombus*, abejas sin aguijón, abejas solitarias y avispas sociales (Freitas, Imperatriz-Fonseca et al. 2009, Nemesio 2009, Li, Chen et al. 2012, Arbulo, Antúnez et al. 2015, Porrini, Porrini et al. 2017). De hecho, existen evidencias de una mayor mortalidad causada por este parásito en abejorros que en abejas (Fürst, McMahon et al. 2014). En ejemplares silvestres de la abeja sin aguijón *Tetragonula hockingsi* la infección experimental con *N. ceranae* provoca una disminución marcada en su supervivencia (Purkiss and Lach 2019). En ejemplares del género *Melipona* también se ha diagnosticado nosemosis (Porrini, Porrini et al. 2017).

Parásitos neogregarino y tripanosoma

Otro grupo de patógenos relativamente poco estudiados lo constituyen especies de la familia Trypanosomatidae, especialmente *Crithidia mellificae* y *Lotmaria passim* (Williams, Tripodi et al. 2019). Se ha demostrado que *C. mellificae* tiene efectos negativos sobre la salud de las abejas y está relacionada con las pérdidas de colmenas durante el invierno (Ravoet, Maharramov et al. 2013). *L. passim* fue descrita en 2015 por Schwarz, Bauchanb et al. (2015). Se ha reportado como el tripanosoma más frecuente en *A. mellifera* en muestras de Bélgica, Suiza, Japón, Chile, y Serbia (Arismendi, Bruna et al. 2016). Fuera de *A. mellifera* ambos parásitos han sido descritos infectando especies del género *Bombus* (Bartolomé, Buendía et al. 2018).

Apicystis bombi es un parásito neogregarino que se ha descrito infectando abejas melíferas y abejorros en alrededor de 20 países de Europa, América y Asia (Lipa and Triggiani 1992, Colla, Otterstatter et al. 2006, Morimoto, Kojima et al. 2013). Este patógeno reside fundamentalmente en los cuerpos grasos de sus hospederos y ha sido encontrado también en heces fecales y flores lo cual sugiere una transmisión vía oral-fecal (Graystock, Goulson et al. 2015). Se considera que puede causar serios problemas físicos (disrupción de los cuerpos grasos) y comportamentales (éxito reducido en el establecimiento de la colonia, aumentos en la tasa de mortalidad y conflictos en la comunicación entre reinas y obreras) en los abejorros (Schmid-Hempel 2001, Rutrecht and Brown 2008). En Argentina se ha planteado que la aparición de este patógeno se debe a la transferencia desde abejorros y abejas importadas (Plischuk, Meeus et al. 2011). Recientemente existen reportes de que *A. bombi* puede estar jugando un papel en el declive de abejorros en Argentina (Plischuk and Lange 2009, Plischuk, Meeus et al. 2011). Actualmente no existe

información suficiente sobre la biología y la virulencia de este parásito que permita evaluar la amenaza que representa para los polinizadores.

Patógenos de polinizadores *Apis* y no *Apis* en Cuba

La necesidad de polinizadores en Cuba es mayor cada día debido al desarrollo de la agricultura urbana y la suburbana, que incluyen en sus programas el cultivo de hortalizas, flores, frutales, condimentos y plantas medicinales (Fonte, Milera et al. 2012). En la actualidad existen 1700 apicultores distribuidos a lo largo de toda la isla con un promedio de 25 colmenas (Pérez Piñeiro and Arregui Martínez 2013). Tanto la situación sanitaria de *A. mellifera* en Cuba como su influencia en la disminución de las poblaciones de otros polinizadores ha sido poco o nada estudiada. Hasta hace par de años no existía información acerca de la presencia y distribución de algunos virus ARN y de *N. ceranae* en colmenas de *A. mellifera* manejadas. Un estudio realizado a nivel nacional enfocado en el diagnóstico de estas patologías por medio de marcadores moleculares reveló la presencia de *N. ceranae* en el 63% de las muestras analizadas, detectándose por primera vez en Cuba. La nosemosis en *A. mellifera* en Cuba había sido diagnosticada desde 1959 (Ordetx 1956) pero no existía información acerca de las especies presentes, probablemente debido a que no se observan manifestaciones clínicas de esta parasitosis. En el caso de los virus de ARN, DWV, ABPV y SBV fueron detectados en el 91%, 59% y 9% de las muestras analizadas, respectivamente (unpub data).

Los estudios que involucran otras especies de polinizadores en Cuba generalmente han estado enfocados a su eficiencia en la polinización o su relación con ciertas especies de plantas. A excepción de *A. mellifera*, el conocimiento del estado sanitario de otros polinizadores es prácticamente nulo. Solo el estudio realizado por Lóriga, Fonte et al. (2014) brinda información acerca de la presencia del escarabajo de las colmenas *Aethina tumida* en colmenas silvestres y manejadas de abejas sin aguijón *Melipona becheeii*. Para la explotación comercial de *A. mellifera* están implementadas recomendaciones de manejo que han permitido reducir marcadamente el efecto de estos y otros patógenos sin el uso de medicamentos. Del resto de los polinizadores existe un gran vacío de información sobre su ecología y estado sanitario.

Conclusiones

Dada la extensión mundial de la práctica de la apicultura y la diversidad de patógenos que afectan a las poblaciones de *Apis mellifera*, las colonias de abejas melíferas manejadas son una cierta fuente de dispersión de parásitos a otras especies de polinizadores no *Apis*. En general, el conocimiento de los efectos de estos patógenos, las condi-

ciones en las cuales ocurre su propagación de *Apis mellifera* al resto de los polinizadores no *Apis* es fundamental para una comprensión predictiva y para proteger a las especies vulnerables. Este estudio en Cuba enriquecería nuestro conocimiento actual sobre las patologías que pueden infectar o, al menos, ser vectorizadas por polinizadores nativos.

Referencias Bibliográficas

1. Alger, S. A., P. A. Burnham, H. F. Boncristiani and A. K. Brody (2019). "RNA virus spillover from managed honeybees (*Apis mellifera*) to wild bumblebees (*Bombus* spp.)." *PloS one* 14(6).
2. Alvarez, L. J., F. J. Reynaldi, P. J. Ramello, M. Garcia, G. H. Sguazza, A. H. Abrahamovich and M. Lucia (2018). "Detection of honey bee viruses in Argentinian stingless bees (Hymenoptera: Apidae)." *Insectes sociaux* 65(1): 191-197.
3. Arbulo, N., K. Antúnez, S. Salvarrey, E. Santos, B. Branchiccela, R. Martín-Hernández, M. Higes and C. Invernizzi (2015). "High prevalence and infection levels of *Nosema ceranae* in bumblebees *Bombus atratus* and *Bombus bellicosus* from Uruguay." *Journal of invertebrate pathology* 130: 165-168.
4. Arismendi, N., A. Bruna, N. Zapata and M. Vargas (2016). "PCR-specific detection of recently described *Lotmaria passim* (Trypanosomatidae) in Chilean apiaries." *Journal of Invertebrate Pathology* 134: 1-5.
5. Bailes, E. J., K. R. Deutsch, J. Bagi, L. Rondissone, M. J. Brown and O. T. Lewis (2018). "First detection of bee viruses in hoverfly (syrphid) pollinators." *Biology letters* 14(2): 20180001.
6. Bartolomé, C., M. Buendía, M. Benito, P. De la Rúa, C. Ornos, R. Martín-Hernández and X. Maside (2018). "A new multiplex PCR protocol to detect mixed trypanosomatid infections in species of *Apis* and *Bombus*." *Journal of Invertebrate Pathology* 174: 37-41.
7. Bommarco, R., O. Lundin, H. G. Smith and M. Rundlöf (2012). "Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279(1727): 309-315.
8. Brittain, C., N. Williams, C. Kremen and A.-M. Klein (2013). "Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280(1754): 20122767.
9. Cameron, S. A., J. D. Lozier, J. P. Strange, J. B. Koch, N. Cordes, L. F. Solter and T. L. Griswold (2011). "Patterns of widespread decline in North American bumble bees." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(2): 662-667.
10. Chaplin-Kramer, R., R. P. Sharp, C. Weil, E. M. Bennett, U. Pascual, K. K. Arkema, K. A. Brauman, B. P. Bryant, A. D. Guerri and N. M. Haddad (2019). "Global modeling of nature's contributions to people." *Science* 366(6462): 255-258.
11. Colla, S. R., M. C. Otterstatter, R. J. Gegear and J. D. Thomson (2006). "Plight of the bumble bee: Pathogen spillover from commercial to wild populations." *Biological Conservation* 129: 461-467.
12. Daszak, P., A. A. Cunningham and A. D. Hyatt (2000). "Emerging infectious diseases of wildlife--threats to biodiversity and human health." *science* 287(5452): 443-449.
13. Ellis, J. D. and P. A. Munn (2005). "The worldwide health status of honey bees." *Bee World* 86(4): 88-101.
14. Fonte, L., M. Milera, J. Demedio and D. Blanco (2012). "Foraging selectivity of the stingless bee *Melipona beecheii* Bennett at the EEPF." *Indio Hatuey*, Matanzas." *Pastos y forrajes* 35(3): 333-342.
15. Freitas, B. M., V. L. Imperatriz-Fonseca, L. M. Medina, A. d. M. P. Kleinert, L. Galetto, G. Nates-Parra and J. J. G. Quezada-Euán (2009). "Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics." *Apidologie* 40(3): 332-346.
16. Fries, I., F. Feng, A. da Silva, S. B. Slemenda and N. J. Pieniazek (1996). "*Nosema ceranae* n. sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae)." *European Journal of Protistology* 32(3): 356-365.
17. Fürst, M., D. P. McMahon, J. Osborne, R. Paxton and M. Brown (2014). "Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators." *Nature* 506(7488): 364-366.
18. Gallai, N., J.-M. Salles, J. Settele and B. E. Vaissière (2009). "Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline." *Ecological economics* 68(3): 810-821.
19. Gamboa, V., J. Ravoet, M. Brunain, G. Smagghe, I. Meeus, J. Figueroa, D. Riaño and D. C. de Graaf (2015). "Bee pathogens found in *Bombus atratus* from Colombia: A case study." *Journal of invertebrate pathology* 129: 36-39.
20. Geldmann, J. and J. P. González-Varo (2018). "Conserving honey bees does not help wildlife." *Science* 359(6374): 392-393.
21. Goulson, D. (2010). "Impacts of non-native bumblebees in Western Europe and North America." *Applied Entomology and Zoology* 45(1): 7-12.
22. Goulson, D., E. Nicholls, C. Botías and E. L. Rotheray (2015). "Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers." *Science* 347(6229): 1255957.
23. Graystock, P., D. Goulson and W. O. Hughes (2015). "Parasites in bloom: flowers aid dispersal and transmission of pollinator parasites within and between bee species." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1813): 20151371.
24. Higes, M., R. Martín and A. Meana (2006). "*Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe." *Journal of invertebrate pathology* 92(2): 93-95.
25. Levitt, A. L., R. Singh, D. L. Cox-Foster, E. Rajotte, K. Hoover, N. Ostiguy and E. C. Holmes (2013). "Cross-species transmission

- of honey bee viruses in associated arthropods." *Virus research* 176(1-2): 232-240.
26. Li, J., W. Chen, J. Wu, W. Peng, J. An, P. Schmid-Hempel and R. Schmid-Hempel (2012). "Diversity of *Nosema* associated with bumblebees (*Bombus* spp.) from China." *International journal for parasitology* 42(1): 49-61.
 27. Lipa, J. J. and O. Triggiani (1992). "A newly recorded neogregarine (Protozoa, Apicomplexa), parasite in honey bees (*Apis mellifera*) and bumble bees (*Bombus* spp)." *Apidologie* 23: 533-536.
 28. Lóriga, W., L. Fonte and J. Demedio (2014). "Reporte de *Aethina tumida* Murray (Coleoptera, Nitidulidae) en colonias de la abeja sin aguijón *Melipona beecheii* Bennett de Matanzas y Mayabeque." *Revista de Salud Animal* 36(3): 201-204.
 29. Losey, J. E. and M. Vaughan (2006). "The economic value of ecological services provided by insects." *Bioscience* 56(4): 311-323.
 30. Lucia, M., F. J. Reynaldi, G. H. Sguazza and A. H. Abrahamovich (2014). "First detection of deformed wing virus in *Xylocopa augusti* larvae (Hymenoptera: Apidae) in Argentina." *Journal of Apicultural Research* 53(4): 466-468.
 31. Manley, R., M. Boots and L. Wilfert (2015). "Emerging viral disease risk to pollinating insects: ecological, evolutionary and anthropogenic factors." *Journal of Applied Ecology* 52(2): 331-340.
 32. Martin, S. J. (2001). "The role of *Varroa* and viral pathogens in the collapse of honeybee colonies: a modelling approach." *Journal of Applied Ecology* 38(5): 1082-1093.
 33. Morimoto, T., Y. Kojima, M. Yoshiyama, K. Kimura, B. Yang, G. Peng and T. Kadowaki (2013). "Molecular detection of protozoan parasites infecting *Apis mellifera* colonies in Japan." *Environmental Microbiology Reports* 5(1): 74-77.
 34. Morse, R. A. and N. W. Calderone (2000). "The value of honeybees as pollinators of U.S. crops in 2000." *Bee Cult* 128: 1-15.
 35. Nemesio, A. (2009). "Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest." *Zootaxa* 2041(1): 1-242.
 36. Ordetx, G. (1956). "Beekeeping in Cuba." *Amer. Bee J.* 96(1): 27-28.
 37. Pérez Piñeiro, A. and M. A. Arregui Martínez (2013). Cuban beekeeping development program advances in the last two years. APIMONDIA 2013.
 38. Plischuk, S. and C. E. Lange (2009). "Invasive *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) parasitized by a flagellate (Euglenozoa: Kinetoplastea) and a neogregarine (Apicomplexa: Neogregarinorida)." *Journal of Invertebrate Pathology* 102: 263-265.
 39. Plischuk, S., I. Meeus, G. Smagghe and C. E. Lange (2011). "*Apicystis bombi* (Apicomplexa: Neogregarinorida) parasitizing *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) in Argentina." *Environmental Microbiology Reports* 3: 565-568.
 40. Porrini, M. P., L. P. Porrini, P. M. Garrido, D. P. Porrini, F. Muller, L. A. Nuñez, L. Alvarez, P. F. Iriarte and M. J. Eguaras (2017). "*Nosema ceranae* in South American native stingless bees and social wasp." *Microbial ecology* 74(4): 761-764.
 41. Purkiss, T. and L. Lach (2019). "Pathogen spillover from *Apis mellifera* to a stingless bee." *Proceedings of the Royal Society B* 286(1908): 20191071.
 42. Rader, R., I. Bartomeus, L. A. Garibaldi, M. P. Garratt, B. G. Howlett, R. Winfree, S. A. Cunningham, M. M. Mayfield, A. D. Arthur and G. K. Andersson (2016). "Non-bee insects are important contributors to global crop pollination." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(1): 146-151.
 43. Ravoet, J., J. Maharramov, I. Meeus, L. De Smet, T. Wenseleers, G. Smagghe and D. C. De Graaf (2013). "Comprehensive bee pathogen screening in Belgium reveals *Crithidia mellificae* as a new contributory factor to winter mortality." *PLOS One* 8(8).
 44. Rutrecht, S. T. and M. J. F. Brown (2008). "The life-history impact and implications of multiple parasites for bumble bee queens." *International Journal for Parasitology* 38: 799-808.
 45. Salvarrey, S. (2019). Utilización de aborros nativos como polinizadores de trébol rojo (*Trifolium pratense*) y tomate (*Solanum lycopersicum*). Doctor en Ciencias Agrarias, Universidad de la República.
 46. Schmid-Hempel, P. (2001). "On the evolutionary ecology of host-parasite interactions: addressing the question with regard to bumblebees and their parasites." *Naturwissenschaften* 88: 147-158.
 47. Schwarz, R. S., G. R. Bauman, C. A. Murphy, J. Ravoet, D. C. De Graaf and J. D. Evans (2015). "Characterization of Two Species of Trypanosomatidae from the Honey Bee *Apis mellifera*: *Crithidia mellificae* Langridge and McGhee, 1967 and *Lotmaria passim* n. gen., n. sp." *Journal of Eukaryotic Microbiology* 62: 567-583.
 48. Ueira-Vieira, C., L. O. Almeida, F. C. De Almeida, I. M. R. Amaral, M. A. M. Brandeburgo and A. M. Bonetti (2015). "Scientific note on the first molecular detection of the acute bee paralysis virus in Brazilian stingless bees." *Apidologie* 46 (5): 628-630.
 49. Vanbergen, A. J. and t. I. P. Initiative (2013). "Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators." *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(5): 251-259.
 50. Williams, M.-K. F., A. D. Tripodi and A. L. Szalanski (2019). "Molecular survey for the honey bee (*Apis mellifera* L.) trypanosome parasites *Crithidia mellificae* and *Lotmaria passim*." *Journal of Apicultural Research*.