

# APORTES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL INIA A LAS **TRAYECTORIAS AGROECOLÓGICAS**

Editores: Georgina Paula García-Inza, José Paruelo y Roberto Zoppolo



## Capítulo 23

# Mitigación de estrés nutricional y sanitario en colmenas de abejas melíferas mediante estrategias agroecológicas

Belén Branchiccela, Karina Antúnez, Loreley Castelli,  
Yamandú Mendoza, Estela Santos y Ciro Invernizzi

### 1. Introducción

Las abejas *Apis mellifera* son insectos sociales. Esta vida en sociedad y las características de estas sociedades determinan que esta especie de abejas sea muy atractiva, debido a su excelente rol como agente polinizador y a su gran capacidad de acopio de alimentos, los cuales pueden ser extraídos por el hombre con fines comerciales. La polinización consiste en el traslado del polen (gameto masculino de la flor) desde las anteras de la planta hacia su parte femenina (estigma), permitiendo que ocurra la fecundación del óvulo y, consecuentemente, su reproducción sexual. Esta polinización puede ser llevada a cabo por distintos agentes como el viento, el agua y los animales, pero son estos últimos, y en particular los insectos, los principales agentes polinizadores (Klein *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2016; Jankielsohn, 2018). Entre estos insectos, la abeja *A. mellifera* es el principal polinizador (McGregor, 1976), siendo responsable de la polinización del 90% de las plantas dependientes de la polinización animal (Klein *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2016). La alta eficacia como insectos polinizadores radica en la alta densidad de individuos por colonia, que determina una gran cantidad de abejas en el campo, así como en las características de su actividad de pecoreo. Esta actividad se basa en que cada abeja realiza hasta 20 viajes diarios, visitando entre 200 y 600 flores en cada viaje, y visita la misma especie floral en cada viaje, maxi-

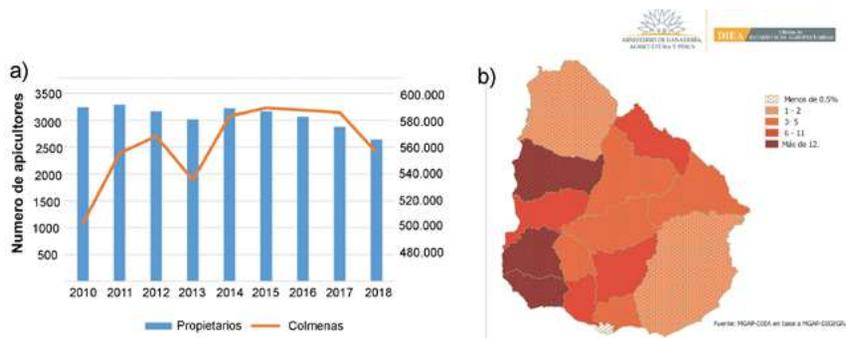
mizando las probabilidades de cruzamiento. De esta forma, la polinización por abejas es un servicio ecosistémico clave que contribuye significativamente a la producción agrícola aumentando los rendimientos y la calidad de los cultivos, pero además promueve el funcionamiento de los ecosistemas naturales (Potts *et al.*, 2016).

En Uruguay, el valor económico de la polinización atribuido a la abeja *A. mellifera* se estimó en 80 millones de dólares anuales, considerando solamente los cultivos de ciruelo, durazno, frutilla, girasol, manzana, membrillo, pera, tomate, zapallo kabutiá, zapallitos y otros zapallos (Santos *et al.*, 2009). En Estados Unidos, este valor fue calculado en 14,6 billones de dólares en el año 2000, considerando la productividad de los principales cultivos de este país (Morse y Calderone, 2000).

Además de su importancia como agente polinizador, su gran capacidad de trabajo y su alta eficacia permiten que las abejas melíferas sean también explotadas comercialmente para obtener una amplia variedad de productos (Crane, 1990). La miel es el principal de estos productos y el más comercializado. Se trata de una sustancia azucarada producida a partir del néctar secretado por las flores con el fin de atraer a los polinizadores y asegurar la fecundación de la planta. Por otro lado, las abejas son utilizadas también para la obtención del polen, el cual es la fuente de proteínas y micronutrientes para las abejas (Haydak, 1970; Brodschneider y Crailsheim, 2010). Además, a partir de las colmenas es posible obtener otros productos como propóleo, jalea real, apitoxina y cera (Crane, 1990).

Pese al rol vital de las abejas en la polinización de cultivos, la contratación de colmenas para polinizar estos cultivos no es una actividad ampliamente difundida en nuestro país y, si bien existen productores apícolas que brindan este servicio, la actividad apícola nacional se basa en la producción de miel. En los últimos cinco años, el número de colmenas se ha mantenido relativamente constante mientras que el número de apicultores ha disminuido (MGAP, 2019) (Figura 1). Actualmente existen en Uruguay unos 2.500 apicultores que manejan unas 561.000 colmenas (SINATPA, 2020). Se producen anualmente unas 11.000 toneladas de miel aproximadamente y el 90% de la miel producida es exportado a granel, principalmente a la Unión Europea (MGAP, 2019). El abandono de la actividad de muchos apicultores responde esencialmente a la baja rentabilidad actual del negocio, debido a bajos precios de comercialización de la miel y altos costos productivos, a lo cual se suman los problemas que padecen las colmenas, que son sanitarios, nutricionales e intoxicación con pesticidas, entre otros (Smith *et al.*, 2013; Steinhauer *et al.*, 2018).

**FIGURA 1. VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE COLMENAS Y APICULTORES EN URUGUAY ENTRE 2010 Y 2018 (A) Y DISTRIBUCIÓN DEPARTAMENTAL DE LAS COLMENAS COMO PORCENTAJE DEL TOTAL DE COLMENAS REGISTRADAS EN URUGUAY EN 2018 (B)**



Fuente: MGAP (2019).

La zona suroeste del país es la zona tradicionalmente apícola, donde se encuentra el mayor número de colmenas y apicultores (MGAP, 2019). Sin embargo, se han dado modificaciones en el uso del suelo que han determinado cambios en la distribución de colmenas en Uruguay y en su forma de manejo. En este sentido, zonas tradicionalmente apícolas han dejado de serlo debido a la extensión de cultivos poco atractivos para las abejas y que no favorecen el desarrollo colonial y la productividad. Asimismo, existen otras zonas, como por ejemplo el norte del país, en las cuales se han extendido las plantaciones de montes de *Eucalyptus* spp., que brindan la posibilidad de producir grandes cantidades de miel en un corto período de tiempo y en épocas en las cuales los recursos nectaríferos en el resto del territorio disminuyen (Branchiccela *et al.*, 2020). Esto ha contribuido al desarrollo de la apicultura en otras regiones y al desarrollo de nuevos manejos productivos.

Durante los últimos años se han reportado altos porcentajes de pérdidas de colonias de abejas melíferas a nivel mundial (Steinhauer *et al.*, 2018; Carreck y Neumann, 2010; Van Engelsdorp y Meixner, 2010; Goulson *et al.*, 2015; Brodschneider *et al.*, 2016). Los porcentajes de pérdidas de colonias varían según el año y el país, llegando a valores de hasta el 45% de pérdidas anuales (Brodschneider *et al.*, 2016; Kulhanek *et al.*, 2017; Gray *et al.*, 2019). Entre los principales problemas vinculados a

dichas pérdidas se encuentra el estrés nutricional y sanitario (Steinhauer *et al.*, 2018; Potts *et al.*, 2010). El estrés nutricional se asocia al aumento de áreas destinadas a monocultivos. Estos monocultivos pueden o no ofrecer néctar y polen a las abejas. La miel es su fuente de carbohidratos mientras que el polen es la fuente de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. De esta forma, la diversidad botánica y las características nutricionales de los pólenes repercuten en la expectativa de vida de las abejas y en su susceptibilidad a la infección con plagas y patógenos, entre otros factores (Alaux *et al.*, 2010; Di Pascuale *et al.*, 2013; DeGrandi-Hoffman y Chen, 2015; Castelli, 2017). Como consecuencia, la intensificación en el uso del suelo ofrece alimentos a las abejas durante un período acotado de tiempo y con baja o nula diversidad nutricional, lo cual limita el suministro de los requerimientos nutricionales básicos que la abeja necesita y genera estrés nutricional (De Groot, 1953; Naug, 2009; Carreck *et al.*, 2010).

Por otro lado, la forma de vida en sociedad y el consecuente confinamiento de miles de individuos emparentados genéticamente permiten a los patógenos reproducirse fácilmente, por lo tanto, las abejas melíferas son blanco para la infección de múltiples plagas y patógenos (Carreck *et al.*, 2010; Chauzat *et al.*, 2014). Entre los principales patógenos que infectan a las abejas se encuentra el ácaro *Varroa destructor*, el cual es la principal amenaza sanitaria de las abejas melíferas (Dainat *et al.*, 2012). Se trata de un ectoparásito que infesta tanto a la cría como a la abeja adulta (Rosenkranz *et al.*, 2010) (Figura 2). Succiona el contenido de la hemolinfa y de los cuerpos grasos, sitio de almacenamiento nutricional y producción de péptidos antimicrobianos (Ramsey *et al.*, 2019). De esta forma, la infestación con el ácaro genera pérdida de peso de las abejas (De Jong *et al.*, 1982; Bowen-Walker y Gunn, 2001), reducción de su longevidad (Bowen-Walker y Gunn, 2001; Yang y Cox Foster, 2007; Alaux *et al.*, 2011) e inmunodepresión (Alaux *et al.*, 2011; Amdam y Omholt, 2002). Además, *V. destructor* es capaz de transmitir virus a las abejas y modificar sus dinámicas poblacionales (Bowen-Walker *et al.*, 1999; Chen *et al.*, 2004; De Miranda *et al.*, 2010; Martin *et al.*, 2012), complejizando aún más el cuadro infectivo. A nivel colonial, estos efectos se traducen en una disminución en la población de abejas, pudiendo causar la muerte de la colonia y, consecuentemente, menores rendimientos productivos (Rosenkranz *et al.*, 2010). Por otro lado, las abejas son también blanco de microsporidios como *Nosema apis* y *Nosema ceranae*, y más de 26 virus, entre otros patógenos (Fries *et al.*, 1996; Higes *et al.*, 2006; Beaurepère *et al.*, 2020).

**FIGURA 2.** CRÍA DE ABEJAS MELÍFERAS SEVERAMENTE INFESTADA CON ÁCAROS *VARROA DESTRUCTOR*



Foto: Belén Branchiccela.

Resulta evidente, entonces, que dos de los principales problemas asociados a las pérdidas de colmenas están directamente vinculados. En Uruguay, desde el año 2013 se estiman anualmente las pérdidas anuales de colonias y los posibles factores relacionados, a través de encuestas a los apicultores. Desde esa fecha, las pérdidas han oscilado entre el 20% y 30% de las colonias, anualmente (Antúnez *et al.*, 2016; Requier *et al.*, 2018), siendo el estrés nutricional y el estrés sanitario dos de los principales problemas identificados por los productores.

## **2. Mitigación del estrés nutricional de las abejas melíferas**

El estrés nutricional puede surgir por ausencia total de alimentos o porque los alimentos disponibles no suministran los requerimientos nutricionales que las abejas necesitan. En estos casos, los apicultores pueden trasladar sus colmenas hacia otros sitios con disponibilidad de alimentos. Sin embargo, esta posibilidad es la menos frecuente, por lo tanto,

la nutrición de la colmena depende de sus reservas nutricionales finitas o del suministro de sustitutos o suplementos nutricionales de preparación casera o comercial (Haydak, 1970). La mayoría de estos contienen hidrolizados de levaduras y proteínas de origen vegetal, entre otros componentes. Estudios previos han demostrado que las consecuencias de la administración de estos compuestos pueden resultar positivas, negativas o neutras, en comparación con la alimentación basada en polen (Mattila y Ottis, 2006; De Jong *et al.*, 2009; Saffari *et al.*, 2010; DeGrandi-Hoffman *et al.*, 2016). Dichas repercusiones pueden deberse a la diversidad de los productos evaluados y a las distintas condiciones ambientales en las que fueron realizados los ensayos, con las consecuentes diferencias en el aporte de nutrientes del ambiente.

En Uruguay, los ambientes no están caracterizados desde el punto de vista nutricional para las abejas, por lo que no existen planes de suplementación de las colmenas. Existen experiencias aisladas de productores que, en ciertas circunstancias, suplementan las colmenas con productos de fabricación casera en épocas puntuales, pero las derivaciones de dicha suplementación no han sido aún evaluadas de forma comparativa. En el mercado se comercializan algunos productos nutricionales, pero su uso tampoco es extendido, debido a sus costos y a la falta de información asociada a los efectos producidos por su administración. Por lo tanto, es posible plantear que no existe actualmente información suficiente que demuestre que la alimentación con polen pueda ser sustituida por una alimentación artificial equivalente, sea de fabricación casera o comercial. De este modo, es necesario maximizar las probabilidades de que el polen sea la fuente de nutrientes de la colmena. En este marco, la suplementación de las colonias con polen resulta una estrategia atractiva.

La práctica de suplementación con polen, sin embargo, presenta algunos desafíos.

El primero de ellos es el tipo de polen a utilizar, el cual puede ser polen ensilado o corbicular. El polen es colectado por las abejas y transportado en unas estructuras llamadas corbículas, ubicadas en la parte trasera de las patas. A este polen se lo llama polen corbicular. Una vez que el polen ingresa a la colmena, es colocado en las celdas junto con enzimas y microorganismos que permiten su conservación por largos períodos de tiempo (Anderson *et al.*, 2014). A ese polen se lo llama polen ensilado. El polen corbicular se obtiene a partir de trampas colocadas en las colmenas. La desventaja de la utilización del polen corbicular reside en las dificultades para su obtención, ya que es necesario visitar a diario

el apiario, y en que las cantidades obtenidas pueden ser escasas. Por otro lado, el polen ensilado se obtiene con una máquina diseñada para tal fin (Spragilas, Wilara, Lituania).<sup>1</sup> En el ensayo que se presenta a continuación, se utilizó polen ensilado.

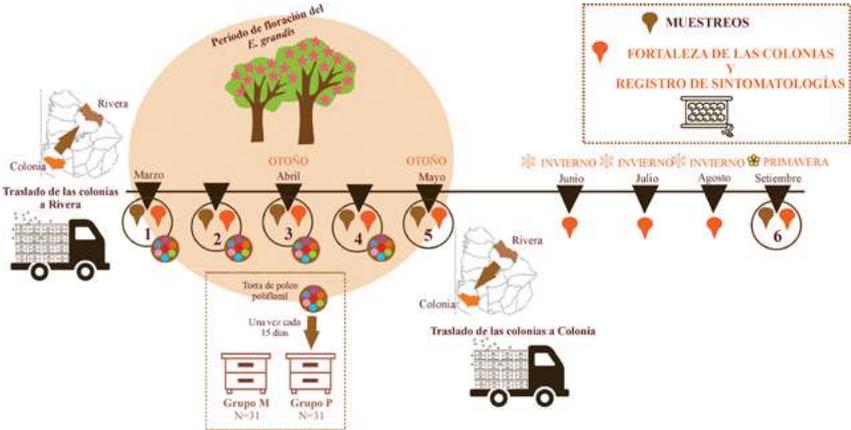
El segundo desafío para abordar es la posibilidad de transmisión de enfermedades mediante la utilización del polen de otras colmenas, ya que existen microorganismos que sobreviven infectivamente en esta matriz. Para evitar esto, y teniendo en cuenta que los productores intercambian activamente material entre sus colmenas, esta estrategia se propone para productores que utilicen el polen de sus propias colmenas.

Con el objetivo de evaluar la eficacia de la administración de este polen frente al estrés nutricional se escogieron las plantaciones de *E. grandis*. Estos ambientes se consideran como modelo de estrés nutricional, ya que constituyen un monocultivo para las abejas y las características nutricionales de este polen no suministran los requerimientos nutricionales que estas precisan en esta época del año (Somerville, 2001; Branchiccela *et al.*, 2019). El polen ensilado se obtuvo a partir de colmenas sanas pertenecientes a la sección Apicultura de INIA La Estanzuela y fue utilizado para la realización de tortas de medio kilo de polen y jarabe de sacarosa al 50%. Durante la primavera y el verano de 2014 se preparó el apiario experimental que, en marzo de 2015, se trasladó hacia una plantación de *E. grandis* ubicada en el departamento de Rivera. Las colmenas estandarizadas se dividieron en dos grupos experimentales: el grupo control (M) no recibió suplementación durante el transcurso del ensayo, mientras que el segundo grupo (P) de colmenas se suplementó con medio kilo de polen cada 15 días durante el período de floración del monte. En cada visita (cada 15 días) se estimaron la fortaleza de las colonias y la cantidad de abejas adultas y de cría, y se tomaron muestras de abejas para determinar los niveles de infección con *Nosema* spp., entre otros patógenos (Figura 3). Además, con el objetivo de evaluar las consecuencias de esta suplementación a mediano plazo, se monitoreó la fortaleza de las colmenas y su estado sanitario durante el invierno y la primavera siguiente (Figura 3) (Branchiccela *et al.*, 2019).

---

<sup>1</sup> <https://wilara.lt/parduoituve/biciu-duoneles-pasalinimo-is-koriu-masinele-spragilas/>

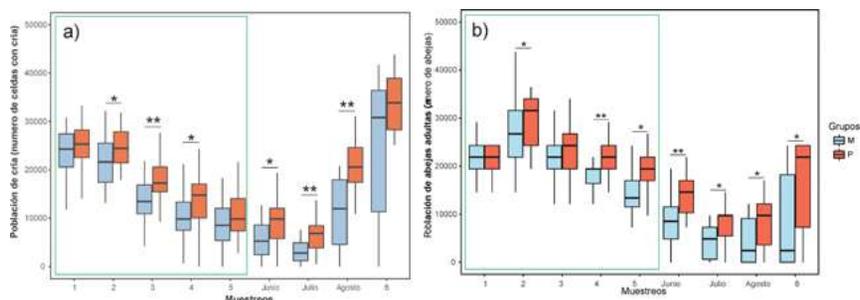
**FIGURA 3.** DISEÑO EXPERIMENTAL DEL ENSAYO. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON POLEN POLIFLORAL EN COLONIAS SOMETIDAS A ESTRÉS NUTRICIONAL EN SU FORTALEZA Y ESTADO SANITARIO A CORTO Y MEDIANO PLAZO



Fuente: Elaboración propia.

El polen polifloral ensilado utilizado suministró un buen balance de aminoácidos y un mayor contenido de lípidos, en comparación con el polen monofloral de *E. grandis* disponible en el ambiente. La suplementación con estas tortas de polen polifloral aumentó la población de abejas adultas y de cría durante el período de estrés nutricional (otoño, floración de los montes de *E. grandis*) (Figura 4). Además, cuando las condiciones ambientales fueron favorables, en la primavera siguiente, las colmenas que habían sido suplementadas en el período de estrés nutricional se recuperaron más rápidamente, en comparación con aquellas que no habían sido suplementadas (Figura 4). Asimismo, dicha suplementación disminuyó los niveles de infección con el microsporidio *Nosema* spp., los cuales aumentan sensiblemente en estos ambientes (Figura 5) (Branchiccela *et al.*, 2019).

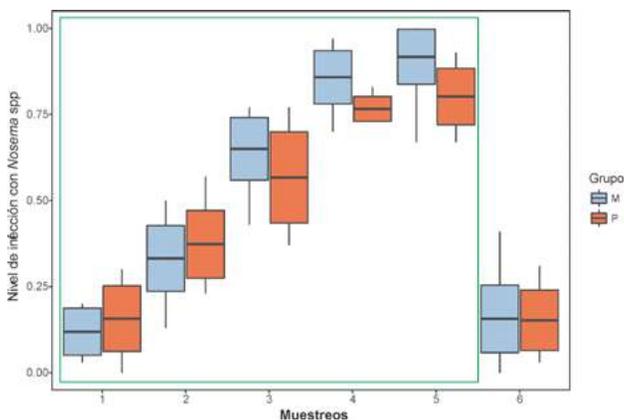
**FIGURA 4.** POBLACIÓN DE CRÍA (A) Y DE ABEJAS ADULTA (B) DURANTE EL PERÍODO DE ESTRÉS NUTRICIONAL Y A MEDIANO PLAZO



*Nota: Se muestran únicamente las diferencias estadísticamente significativas entre el grupo M (control) y P (colmenas suplementadas con polen polifloral) en los distintos muestreos (\* $p \leq 0.05$ ; \*\* $p \leq 0.01$ ; \*\*\* $p \leq 0.001$ ). Se resalta con un cuadrado el período de estrés nutricional. Los boxplots indican los datos mínimos, máximos, los percentiles 25 y 75 y la mediana.*

*Fuente: Branchiccela et al. (2019).*

**FIGURA 5.** NIVEL DE INFECCIÓN CON NOSEMA SPP. DE LAS COLONIAS DURANTE EL PERÍODO DE ESTRÉS NUTRICIONAL Y A MEDIANO PLAZO



*Nota: Con el objetivo de simplificar la interpretación gráfica, se muestran únicamente las diferencias estadísticamente significativas entre el grupo M (control) y el grupo P (colmenas suplementadas con polen polifloral) en los distintos muestreos (\* $p \leq 0.05$ ; \*\* $p \leq 0.01$ ; \*\*\* $p \leq 0.001$ ). Se resalta con un cuadrado el período de estrés nutricional. Los boxplots indican los datos mínimos, máximos, la media  $\pm$  desvío estándar y la mediana.*

*Fuente: Branchiccela et al. (2019).*

Estos resultados demuestran que la estrategia propuesta permite, por un lado, mitigar el estrés nutricional generado por el uso intensivo del suelo y la concomitante ausencia de diversidad de recursos nutricionales para las abejas, pero, además, promueve una rápida recuperación de la colonia cuando las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo. La estrategia propuesta de utilización del polen colectado y almacenado por las propias abejas implica: i) la optimización del uso de un recurso nutricional natural disponible en exceso en ciertas épocas del año y que bajo ciertas condiciones mitiga deficiencias nutricionales que pueden surgir en otras épocas del año, y ii) la posibilidad de evitar la utilización de productos exógenos a la colmena como pueden ser harinas y levaduras para mitigar un estrés nutricional generado por el uso intensivo del suelo mediante monocultivos.

### 3. Mitigación del estrés sanitario de las abejas melíferas

El principal problema sanitario para las abejas *A. mellifera* es el ácaro *V. destructor*. Este ácaro se encuentra distribuido en todo el territorio nacional (Anido *et al.*, 2016) y, si bien se han reportado poblaciones de abejas melíferas tolerantes y resistentes a la infección con *V. destructor* (Locke, 2016), la mayoría de las colonias deben recibir tratamientos para el control del ácaro y su propia supervivencia. Existen cuatro productos sintéticos efectivos para el control de *V. destructor*: el organofosforado cumafós, la formamida amitraz y los piretroides tau-fluvalinato y flumetrina (Rosenkranz *et al.*, 2010). La eficacia de estos productos es superior al 95% (Rosenkranz *et al.*, 2010), pero la creciente aparición de poblaciones de ácaros resistentes a estos principios activos limita su uso (Bogdanov *et al.*, 2002). Por otro lado, existen productos orgánicos para el control del ácaro, como el ácido oxálico (entre otros) (Rosenkranz *et al.*, 2010). Estos productos permiten controlar las poblaciones en épocas de ingreso de néctar, ya que no dejan residuos en las colmenas (Bogdanov *et al.*, 2002), pero su eficacia varía debido a diversos factores como ser su modo de aplicación, la presencia de cría y variables ambientales (Rademacher y Hrazar, 2006). En particular en Uruguay, se han reportado poblaciones de ácaros resistentes a cumafós, tau-fluvalinato y flumetrina (Maggi *et al.*, 2011; Mitton *et al.*, 2016), por lo que, por el momento, el único producto sintético confiable es el amitraz. Teniendo en cuenta estos antecedentes, en los últimos años los apicultores han co-

menzado a utilizar un nuevo producto basado en ácido oxálico en tiras de celulosa, con alta eficacia para el control de Varroa (Aluén CAP<sup>®</sup> o Varroxxan) (Maggi *et al.*, 2016; Cooperativa Apícola Pampero, 2019). Esta formulación supone una gran ventaja respecto de las técnicas tradicionalmente aplicadas (goteo, asperjado sobre las abejas o sublimación), ya que, debido a su presentación en tiras de celulosa, puede permanecer en la colonia por períodos prolongados, abarcando varios ciclos reproductivos de *V. destructor*. Por lo tanto, todos los ácaros en etapa reproductiva son expuestos al producto, lo cual aumenta la estabilidad y la eficacia del control. Además, es una herramienta muy atractiva ya que es fácil de aplicar, tiene bajo costo, no genera problemas de contaminación en la miel pues es un componente natural de esta y tiene bajas probabilidades de generar resistencias.

Teniendo en cuenta las ventajas de este producto, en comparación con un producto sintético, en los últimos años el uso de Varroxxan se ha incrementado en el sector apícola uruguayo. Sin embargo, no existen evaluaciones de su eficacia ni de los factores que la afectan a nivel nacional.

A continuación, se presentarán dos trabajos realizados por el INIA para evaluar la eficacia de la aplicación del ácido oxálico embebido en glicerina en tiras de celulosa (Varroxxan) en dos épocas diferentes del año, y un tercer trabajo orientado a monitorear las consecuencias del tratamiento continuo con este producto durante un año en los niveles de infestación con *V. destructor*, en la dinámica poblacional de las colmenas tratadas y en su productividad. En los tres estudios, el producto fue aplicado según las recomendaciones del fabricante.

El primer ensayo tuvo como objetivo evaluar la eficacia del Varroxxan aplicado en otoño. Para esto, en mayo de 2017 se instaló un apiario de 21 colmenas estandarizadas en cuanto a población y niveles de infestación con *V. destructor* en el INIA La Estanzuela, el cual se dividió en un grupo control de 11 colmenas y un grupo de 10 colmenas al que se le aplicó el tratamiento (4 tiras cada 10 marcos cubiertos por abejas). En forma previa a la aplicación del tratamiento, a los 15 días de su aplicación y a los 41 días (fin del tratamiento), se monitorearon los niveles de infestación con el ácaro sobre las abejas, y durante el transcurso del ensayo se cuantificaron las Varroas caídas muertas en pisos técnicos. Luego de finalizado el tratamiento, se aplicó un *shock* químico (amitraz y flumetrina) para cuantificar el número de ácaros sobrevivientes, colectándolos en los pisos técnicos. Además, con el objetivo de evaluar los efectos agudos del producto sobre las abejas, se cuantificó el número de abejas muertas utilizando trampas de mortalidad (Porrini *et al.*, 2002).

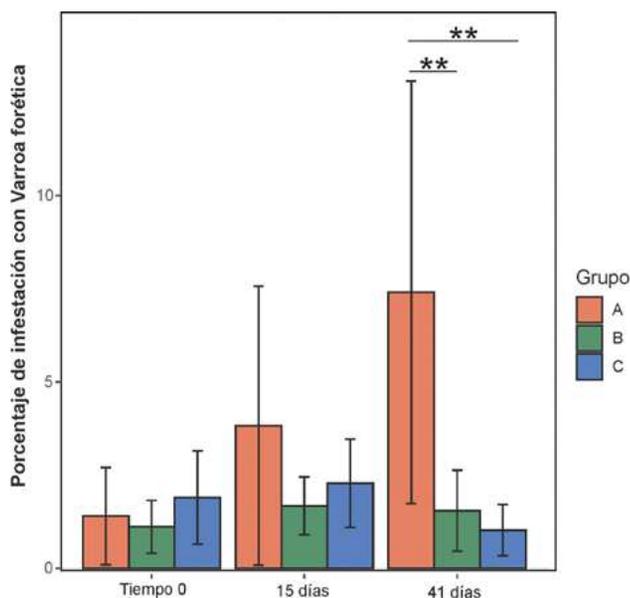
Al inicio del ensayo, las colmenas tenían un porcentaje de infestación de  $2,9 \pm 2,2\%$ , mientras que a los 41 días de aplicado el Varroxsan, el porcentaje de infestación de las colonias tratadas fue de  $0,1 \pm 0,2\%$  y el de las colmenas del grupo control fue de  $4,0 \pm 2,1\%$ . Teniendo en cuenta la cantidad de Varroas caídas en los pisos técnicos por efecto del Varroxsan y del *shock* químico, se estimó una eficacia del producto en  $96,7 \pm 1,6\%$ . Por otro lado, el producto no resultó tóxico para las abejas, ya que la mortalidad de estas fue similar para ambos grupos de colmenas. Por lo tanto, la utilización del Varroxsan resultó útil y eficaz en el control de *V. destructor*, aplicado en otoño y bajo las condiciones de este estudio, no observándose toxicidad aguda para las abejas.

El propósito del segundo ensayo fue evaluar la eficacia del Varroxsan aplicado en primavera. Además, teniendo en cuenta que en ocasiones las tiras de cartón son roídas por las abejas, se evaluó la eficacia de recurrar las colmenas a los 20 días de aplicado el tratamiento para el control del ácaro con la mitad de la dosis recomendada. Para esto, en septiembre de 2019 se instaló un apiario de 30 colmenas estandarizadas en cuanto a población y niveles de infestación con *V. destructor* en el INIA La Estanzuela. Dicho apiario se dividió en tres grupos de 10 colmenas cada uno: un grupo control (A) que no recibió tratamiento, un grupo B que se trató al inicio del ensayo según las indicaciones del fabricante (4 tiras cada 10 marcos cubiertos por abejas), y un grupo C tratado de igual manera al inicio del ensayo y al que se le reforzó la cura a los 20 días aplicando 2 tiras por colmena. De igual modo que en el ensayo realizado en otoño, previamente a la aplicación del tratamiento, a los 15 días de su aplicación y a los 41 días (fin del tratamiento) se monitorearon los niveles de infestación con el ácaro sobre las abejas, y durante el transcurso del ensayo se cuantificaron las Varroas caídas muertas en pisos técnicos. Luego de finalizado el tratamiento, se aplicó un *shock* químico (amitraz y flumetrina) para cuantificar el número de ácaros sobrevivientes, colectándolos en los pisos técnicos. Además, con el objetivo de evaluar los efectos agudos del producto sobre las abejas, se cuantificó el número de abejas muertas utilizando trampas de mortalidad (Porrini *et al.*, 2002).

Al inicio del ensayo, el porcentaje de infestación promedio era de  $1,5 \pm 1,4\%$ . A los 41 días de aplicado el tratamiento, las colmenas del grupo A (control) presentaron un nivel de infestación del  $7,4 \pm 5,6\%$ , las colmenas del grupo B (tratamiento con Varroxsan al inicio del ensayo) evidenciaron niveles del  $1,5 \pm 1\%$ , mientras que los niveles de las colmenas del grupo C (tratamiento con Varroxsan al inicio del ensayo + una recura parcial a los 20 días de la primera aplicación) fueron del  $1,0 \pm 0,7\%$  (Fi-

gura 6). La eficacia del tratamiento del grupo B fue del 70%, mientras que en las colmenas del grupo C fue del 84%, siendo la eficacia en este último grupo significativamente mayor a la del grupo B. El análisis de la eficacia acumulada del producto a lo largo del tiempo para ambos grupos de colmenas indica que el producto es activo principalmente durante los primeros 25 días, dentro de la colmena, período durante el cual eliminó el 57% de las Varroas de las colmenas del grupo B y el 70% de los ácaros de las colmenas del grupo C (Figura 7). Por otro lado, así como en el ensayo realizado en otoño, la mortalidad de las abejas fue similar en los tres grupos de colmenas al día 1, 8 y 15 posaplicación inicial, demostrando que el producto no resultó tóxico para ellas. Asimismo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de abejas adultas y de cría entre las colmenas de los distintos grupos experimentales (datos no mostrados).

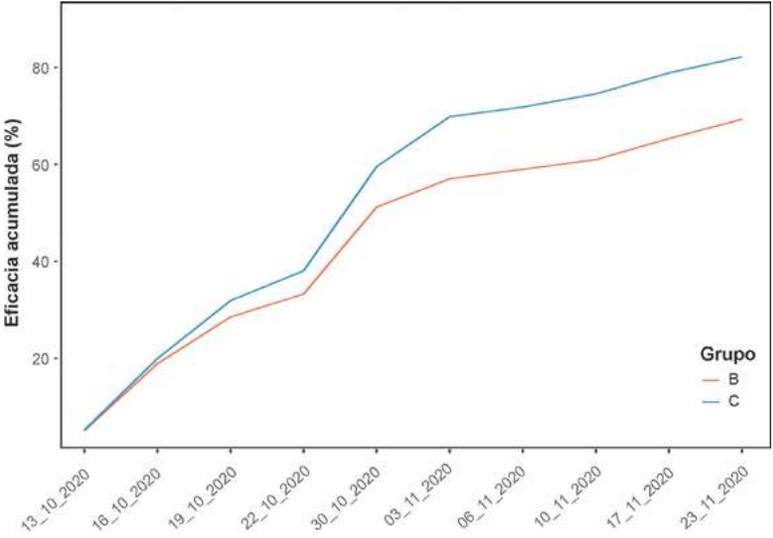
**FIGURA 6.** PORCENTAJE DE INFESTACIÓN CON VARROA FORÉTICA A TIEMPO 0 (PREVIO A LA APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO), A LOS 15 DÍAS Y A LOS 41 DÍAS (FINAL DEL ENSAYO)



Nota: \* $p \leq 0.01$ ; A: grupo control; B: grupo de colmenas tratadas con Varroxsan al inicio del ensayo; C: grupo de colmenas tratadas con Varroxsan al inicio del ensayo + un tratamiento parcial de la dosis recomendada a los 20 días de la primera aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 7.** EFICACIA ACUMULADA (EN %) A LO LARGO DEL TIEMPO DE VARROXSAN PARA LAS COLMENAS DE LOS GRUPOS B (TRATADAS CON VARROXSAN AL INICIO DEL ENSAYO) Y C (TRATADAS CON VARROXSAN AL INICIO DEL ENSAYO + UN TRATAMIENTO PARCIAL DE LA DOSIS RECOMENDADA A LOS 20 DÍAS DE LA PRIMERA APLICACIÓN)



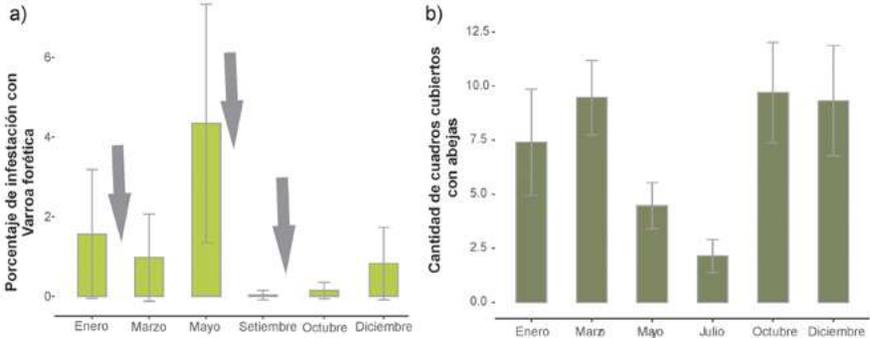
Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados indican que, en primavera y en las condiciones evaluadas en estos ensayos, el Varroxxsan es eficiente para el control de *V. destructor*, pero su eficacia no alcanza las reportadas para los productos sintéticos (superior al 95%). Sin embargo, teniendo en cuenta la época del año y el consecuente desarrollo colonial, constituye un producto sumamente útil para limitar el crecimiento de las poblaciones de este ácaro, bajo estricto monitoreo a mediano plazo.

La tercera experiencia llevada a cabo desde el INIA se encuentra aún en transcurso y tiene como objetivo monitorear la fortaleza, la sanidad y la productividad de un apiario tratado en forma exclusiva con Varroxxsan. Para esto, en noviembre de 2019 se instaló en el INIA La Estanzuela un apiario de 30 colmenas con reinas jóvenes y emparentadas genéticamente. En diciembre, estas colmenas recibieron su primera cura con el producto y durante todo el año 2020 se tomaron muestras de abejas nodrizas para determinar los niveles de infestación con el ácaro,

en función de las cuales se fueron aplicando los tratamientos sucesivos. Se registró la población de abejas adultas y durante la temporada siguiente se registró la producción de miel del apiario y de material vivo. En total, las colmenas se trataron con Varroxxsan en diciembre, enero, junio y setiembre, y según la dosis recomendada por el fabricante. Los niveles de infestación variaron ampliamente durante el año: fueron en promedio de 1,3% entre enero y marzo, pese a la aplicación del tratamiento. Si bien este resultado puede dar idea de una baja eficacia, esto puede deberse al crecimiento poblacional de la colonia en esta época del año y al consecuente incremento en la reproducción del ácaro. En estas circunstancias, el tratamiento evitó un crecimiento explosivo de los niveles de infestación con *V. destructor* (Figura 8). Por otro lado, si bien es esperable una disminución natural en la población de abejas hacia el invierno (mayo y junio), los valores encontrados fueron excesivamente bajos, posiblemente debido a los altos niveles de infestación con el ácaro en mayo (Figura 8). Estos resultados demuestran que la aplicación del tratamiento debe realizarse en marzo a más tardar, previamente al descenso poblacional, de forma que la proporción de ácaros/abejas disminuya, o por lo menos se mantenga constante en la época menos favorable para las abejas. Por último, el tratamiento realizado en setiembre permitió mantener las poblaciones del ácaro en niveles bajos en esta época del año. En términos productivos, las colmenas produjeron en promedio 26 kg de miel por colmena en la cosecha 2020-2021 y material vivo para 18 núcleos. Por otro lado, murió el 26% de las colmenas del apiario, valor que se encuentra dentro del rango de pérdidas de colmenas anuales para nuestro país (20-30%) (Antúnez *et al.*, 2016). Las consecuencias de estos manejos y los subsiguientes a realizar serán determinantes para estimar los efectos del uso de este producto de forma continua a nivel comercial.

**FIGURA 8.** PORCENTAJE DE INFESTACIÓN CON *VARROA DESTRUCTOR* DE ABEJAS NODRIZAS (A) Y DE UNA POBLACIÓN DE ABEJAS ADULTAS ESTIMADA COMO CANTIDAD DE CUADROS CUBIERTOS CON ABEJAS (B) DE UN APIARIO DE OBSERVACIÓN TRATADO TODO EL AÑO CON TRATAMIENTO ORGÁNICO VARROXSAN PARA EL CONTROL DEL ÁCARO (DURANTE EL AÑO 2019)



*Nota:* Las flechas indican el momento de aplicación del tratamiento.

*Fuente:* Elaboración propia.

En su conjunto, los resultados obtenidos en los últimos años a partir del uso del ácido oxálico en glicerina (VarroXsan) demuestran que es posible mantener vivas las poblaciones de abejas melíferas mediante el uso continuo de un producto orgánico, obteniendo niveles de infestación dentro de rangos normales en nuestro país. Teniendo en cuenta, además, los costos de los distintos productos, esta estrategia equipara económicamente e incluso se encuentra por debajo de los costos del uso de productos sintéticos. Sin embargo, considerando que se trata de un producto nuevo y cuyo modo de acción aún se desconoce, es necesario continuar con los monitoreos a mediano y largo plazo, así como analizar las variables que pueden afectar la eficacia del producto y las medidas complementarias que contribuyan a optimizarla.

#### 4. Aportes para una transición agroecológica en apicultura

En el presente capítulo se plantean dos estrategias para mitigar el estrés nutricional y sanitario de las abejas melíferas, dos de los principales problemas asociados a las pérdidas de colmenas. El uso adecuado y racional de estas estrategias permite un manejo de las colmenas con perspectiva

agroecológica, ya que disminuyen el uso de químicos en las colmenas y la dependencia de insumos externos para su alimentación. De esta forma, la mitigación del estrés nutricional y sanitario previamente mencionado promueve una reducción de las pérdidas de colmenas y un aumento en la expectativa de vida de los individuos, y favorece el potencial polinizador de esta especie y su consecuente impacto en los ecosistemas.

## Bibliografía

**Alaux, C., Dantec, C., Parrinello, H. y Le Conte, Y.**

(2011), “Nutrigenomics in honey bees: Digital gene expression analysis of pollen’s nutritive effects on healthy and varroa-parasitized bees”, en *BMC Genomics*, 12, p. 496.

**Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D. y Le Conte, Y.**

(2010), “Diet effects on honeybee immunocompetence”, en *Biol. Lett.*, 6, pp. 562-565.

**Amdam, G. V. y Omholt, S. W.**

(2002), “The regulatory anatomy of honeybee lifespan”, en *J. Theor. Biol.*, N° 216, pp. 209-228.

**Anderson, K. E., Carroll, M. J., Sheehan, T., Mott, B. M., Maes, P. y Corby-Harris, V.**

(2014), “Hive-stored pollen of honey bees: Many lines of evidence are consistent with pollen preservation, not nutrient conversion”, en *Mol. Ecol.*, 23, pp. 5904-5917.

**Anido, M., Branchiccela, B., Castelli, L., Harriet, J., Campá, J., Zunino, P. y Antúnez, K.**

(2016), “Prevalence and distribution of honey bee pathogens in Uruguay”, en *J. Apic. Res.*, 54, pp. 532-540.

**Antúnez, K., Invernizzi, C., Mendoza, Y., VanEngelsdorp, D. y Zunino, P.**

(2016), “Honeybee colony losses in Uruguay during 2013–2014”, en *Apidologie*, 2014, pp. 1-7.

**Beaurepaire, A., Piot, N., Doublet, V., Antunez, K., Campbell, E., Chantawannakul, P., Chejanovsky, N., Gajda, A., Heerman, M., Panziera, D., Smaghe, G., Yañez, O., De Miranda, J. R. y Dalmon, A.**

(2020), “Diversity and global distribution of viruses of the western honey bee”, *Apis mellifera. Insects.*, 11, p. 239.

**Bogdanov, S., Charrière, J. P., Imdorf, A., Kilchenmann, V. y Fluri, P.**

(2002), “Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions”, en *Apidologie*, 33, pp. 399-409.

**Bowen-Walker, P. y Gunn, A.**

(2001), “The effect of the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* on adult worker

honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels”, en *Entomol. Exp. Appl.*, 101, pp. 207-217.

**Bowen-Walker, P., Martin, S. y Gunn, A.**

(1999), “The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud”, en *J. Invertebr. Pathol.*, 73, pp. 101-6.

**Branchiccela, B., Antúnez, K., Invernizzi, C. y Coll, F.**

“Apicultura en montes de *Eucalyptus* spp.”, en *Rev. INIA*, 62, pp. 60-72.

**Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Martínez de la Escalera, G., Mendoza, Y., Santos, E., Silva, C., Zunino, P. y Antúnez, K.**

(2019), “Impact of nutritional stress on the honeybee colony health”, en *Sci. Rep.*, 9, 10156.

**Brodshneider, R. y Crailsheim, K.**

(2010), “Nutrition and health in honey bees”, en *Apidologie*, 41, pp. 278-294.

**Brodshneider, R., Gray, A., Van der Zee, R., Adjlane, N., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Crailsheim, K., Dahle, B., Danihlík, J., Danneels, E., De Graaf, D. C., Dražić, M. M., Fedoriak, M., Forsythe, I., Golubovski, M., Gregorc, A., Grzęda, U., Hubbuck, I., İvgin Tunca, R., Kauko, L., Kilpinen, O., Kretavicius, J., Kristiansen, P., Martikkala, M., Martín-Hernández, R., Mutinelli, F., Peterson, M., Otten, C., Ozkirim, A., Raudmets, A., Simon-Delso, N., Soroker, V., Topolska, G., Vallon, J., Vejsnæs, F. y Woehl, S.**

(2016), “Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey”, en *J. Apic. Res.*, 55, pp. 375-378.

**Carreck, N., Ball, B. V. y Martin, S.**

(2010), “Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor*”, en *J. Apic. Res.*, 49, pp. 93-94.

**Carreck, N. y Neumann, P.**

(2010), “Honey bee colony losses”, en *J. Apic. Res.*, 49, p. 1.

**Castelli, L.**

(2017), *Una aproximación al estudio de la comunidad microbiana de las abejas melíferas*, Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, PEDECIBA, Universidad de la República, Montevideo.

**Chauzat, M.-P., Laurent, M., Riviere, M.-P., Saligeon, C., Hendrikx, P. y Ribiere-Chabert, M.**

(2014), “A pan European epidemiological study on honeybee colony losses”.

**Chen, Y., Pettis, J., Evans, J., Kramer, M. y Feldlaufer, M.**

(2004), “Transmission of Kashmir bee virus by the ectoparasitic mite *Varroa destructor*”, en *Apidologie*, 35, pp. 441-448.

**Cooperativa Apícola Pampero**

(2019), “Dosificación de Aluen Cap®”.

**Crane, E.**

(1990), *Bees and beekeeping: science, practice and world resources*, Heinemann Newnes, Oxford.

**Dainat, B., Evans, J. D., Chen, Y. P., Gauthier, L. y Neumann P.**

(2012), "Dead or alive: Deformed wing virus and *Varroa destructor* reduce the life span of winter honeybees", en *Appl. Environ. Microbiol.*, 78, pp. 981-987.

**DeGrandi-Hoffman, G. y Chen, Y.**

(2015), "Nutrition, immunity and viral infections in honey bees", en *Curr. Opin. Insect Sci.*, 10, pp. 170-176.

**DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Rivera, R., Carroll, M., Chambers, M., Hidalgo, G. y de Jong, E. W.**

(2016), "Honey bee colonies provided with natural forage have lower pathogen loads and higher overwinter survival than those fed protein supplements", en *Apidologie*, 47, pp. 186-196.

**De Groot, A. P.**

(1953), "Protein and amino acid requirements of the honey bee (*Apis mellifera* L.)", en *Physiol. Comp. oecologia*, 3, pp. 197-285.

**De Jong, D., Da Silva, E. J., Kevan, P. G. y Atkinson, J. L.**

(2009), "Pollen substitutes increase honey bee haemolymph protein levels as much as or more than does pollen", en *J. Apic. Res.*, 48, pp. 34-37.

**De Jong, D., De Jong, P. y Gonçalves, L. S.**

(1982), "Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *V. jacobsoni*", en *J. Apic. Res.*, 21, pp. 165-216.

**De Miranda, J. R.; y Genersch, E.**

(2010), "Deformed wing virus", en *J. Invertebr. Pathol.*, 103, S48-S61.

**Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J. L. y Alaux, C.**

(2013), "Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter?", en *PLoS One*, 8, pp. 1-13.

**Fries, I., Feng, F., Da Silva, A., Slemenda, S. B. y Pieniazek, N. J.**

(1996), "Nosema ceranae n. sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae)", en *Eur. J. Protistol.*, 32, pp. 356-365.

**Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C. y Rotheray, E. L.**

(2015), "Bee declines driven by combined Stress from parasites, pesticides, and lack of flowers", en *Science*, (80), 347, 1255957.

**Gray, A., Brodschneider, R., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Cornelissen, B., Amaro da Costa, C., Csáki, T., Dahle, B., Danihlík, J., Dražić, M. M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., De Graaf, D., Gregorc, A., Johannsen, J., Kauko, L., Kristiansen, P., Martikkala, M., Martín-Hernández, R., Medina-Flores, C. A., Mutinelli, F., Patalano, S., Petrov, P.,**

**Raudmets, A., Ryzhikov, V. A., Simon-Delso, N., Stevanovic, J., Topolska, G., Uzunov, A., Vejsnaes, F., Williams, A., Zammit-Mangion, M. y 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", en *J. Apic. Res.*, 0, pp. 1-7.

**Haydak, M. H.**

(1970), "Honey Bee Nutrition", en *Annu. Rev. Entomol.*, N° 15, pp. 143-156.

**Higes, M., Martín-Hernández, R. y Meana, A.**

(2006), "*Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe", en *J. Invertebr. Pathol.*, 92, pp. 93-95.

**Jankielsohn, A.**

(2018), "The importance of insects in agricultural ecosystems", en *Adv. Entomol.*, 06, pp. 62-73.

**Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. y Tscharrntke T.**

"Importance of pollinators in changing landscapes for world crops", en *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, N° 274, pp. 303-313.

**Kulhanek, K., Steinhauer, N., Rennich, K., Caron, D. M., Sagili, R. R., Pettis, J. S., Ellis, J. D., Wilson, M. E., Wilkes, J. T., Tarpy, D. R., Rose, R., Lee, K., Rangel, J. y VanEngelsdorp, D.**

(2017), "A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA", en *J. Apic. Res.* 56, pp. 328-340.

**Locke, B.**

(2016), "Natural Varroa mite-surviving *Apis mellifera* honeybee populations", en *Apidologie*, 47, pp. 467-482.

**Maggi, M. D., Ruffinengo, S. R., Mendoza, Y., Ojeda, P., Ramallo, G., Floris, I. y Eguaras, M. J.**

"Susceptibility of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) to synthetic acaricides in Uruguay: Varroa mites' potential to develop acaricide resistance", en *Parasitol. Res.*, 108, pp. 815-821.

**Maggi, M., Tourn, E., Negri, P., Szawarski, N., Marconi, A., Gallez, L., Medici, S., Ruffinengo, S., Brasco, C., De Feudis, L., Quintana, S., Sammataro, D. y Eguaras, M.**

"A new formulation of oxalic acid for *Varroa destructor* control applied in *Apis mellifera* colonies in the presence of brood", en *Apidologie*, 47, pp. 596-605.

**Martin, S. J., Highfield, A. C., Brettell, L., Villalobos, E. M., Budge, G. E., Powell, M., Nikaido, S. y Schroeder, D. C.**

(2012), "Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite", en *Science*, (80), 336, pp. 1304-1306.

**Mattila, H. R. y Otis, G. W.**

(2006), "Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies", en *J. Econ. Entomol.*, 99, pp. 604-613.

**McGregor, S. E.**

(1976), "Insect pollination of cultivated crop plants", en *Usda*, 849.

**MGAP**

(2019), "Anuario estadístico agropecuario 2019" (2019). Disponible en: <<http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario-estadístico-de-diea-2019>>.

**Milani, N.**

(1999), "The resistance of *Varroa jacobsoni*", en *Oud. to acaricides*, 30, pp. 229-234.

**Mitton, G. A., Quintana, S., Giménez Martínez, P., Mendoza, Y., Ramallo, G., Brasesco, C., Villalba, A., Eguaras, M. J., Maggi, M. D. y Ruffinengo, S. R.**

(2016), "First record of resistance to flumethrin in a varroa population from Uruguay", en *J. Apic. Res.*, 55, pp. 422-427.

**Morse, R. y Calderone, N. W.**

(2000), "The value of honey bees as pollinators of U. S. Crops", en *Bee Cult.*, pp. 1-15.

**Naug, D.**

(2009), "Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses", en *Biol. Conserv.*, en 142, pp. 2369-2372.

**Porrini, C., Ghini, S., Girotti, S., Sabatini, A. G., Gattavecchia, E. y Celli, G.**

(2002), *Honey Bees: Estimating the environmental impact of chemicals*, p. 332.

**Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C. Neumann, P., Schweiger, O. y Kunin, W. E.**

(2010), "Global pollinator declines: trends, impacts and drivers", en *Trends Ecol. Evol.*, 25, pp. 345-353.

**Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A. J., Aizen, M. A., Cunningham, S. A., Eardley, C., Freitas, B. M., Gallai, N., Kevan, P. G., Kovács-Hostyánszki, A., Kwapong, P. K., Li, J., Li, X., Martins, D. J., Nates-Parra, G., Pettis, J. S. y Rader, B. F. V. R.**

(2016), "Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production", Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn (Alemania).

**Rademacher, E. y Hrarz, M.**

(2006), "Oxalic acid for the control of varroosis in honey bee colonies - a review", en *Apidologie*, 37, pp. 98-120.

**Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J. M., Ellis, J. D., Hawthorne, D. y Van Engelsdorp, D.**

(2019), "*Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph", en *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 116, pp. 1792-1801.

**Requier, F., Antunez, K., Morales, C., Aldea, P., Castilhos, D., Garrido, P. M., Giacobino, A., Reynaldi, F., Rosso Londono, J. M., Santos, E. y Garibaldi, L.**

(2018), "Trends in beekeeping and honey bee colony losses in Latin America", en *J. Apic. Res.*

**Rosenkranz, P., Aumeier, P. y Ziegelmann, B.**

(2010), "Biology and control of *Varroa destructor*", en *J. Invertebr. Pathol.*, 103, S96-S119.

**Saffari, A., Kevan, P. G. y Atkinson, J. L.**

(2010), "Palatability and consumption of patty-formulated pollen and pollen substitutes and their effects on honeybee colony performance", en *J. Apic. Sci.*, 54, pp. 63-71.

**Santos, E., Mendoza, Y., Díaz, R., Harriet, J. y Campá, J.**

(2009), "Valor económico de la polinización realizada por abejas *Apis mellifera* en Uruguay, una aproximación", en *Ser. difusión INIA*, 568, pp. 25-28.

**SINATPA**

(2020), "Informe de datos del Registro Nacional de Propietarios de colmenas 2020".

**Smith, K. M., Loh, E. H., Rostal, M. K., Zambrana-Torrelío, C. M., Mendiola, L. y Daszak, P.**

(2013), "Pathogens, Pests, and Economics: Drivers of Honey Bee Colony Declines and Losses", en *Ecohealth*, 10, pp. 434-445.

**Somerville, D. C.**

(2001), "Nutritional value of bee collected pollens", en *Rural Ind. Res. Dev. Corp.*, pp. 1-166.

**Steinhauer, N., Kulhanek, K., Antúnez, K., Human, H., Chantawanakul, P., Chauzat, M. P. y VanEngelsdorp, D.**

(2018), "Drivers of colony losses", en *Curr. Opin. Insect Sci.*, 26, pp. 142-148.

**VanEngelsdorp, D. y Meixner, M. D.**

(2010), "A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them", en *J. Invertebr. Pathol.*, 103, S80-S95.

**Yang, X. y Cox-Foster, D. L.**

(2007), "Effects of parasitization by *Varroa destructor* on survivorship and physiological traits of *Apis mellifera* in correlation with viral incidence and microbial challenge", en *Parasitology*, 134, pp. 405-412.