

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACION**

Cod. AV-2305

NOMBRE DE LA INVESTIGACION

"Control de ácaros *Varroa destructor* en colmenas de abejas (*Apis mellifera*) aplicando dos alternativas: aceite esencial de romero con alcohol y azúcar impalpable"

TITULO A OBTENER

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Nombres, apellidos	Institución y dirección	Teléfono y E-mail	Firma
Johanna Lissette Guerrero Alvarenga	Universidad de El Salvador	71967881 ga15056@ues.edu.sv	
Francisco Javier Menéndez Álvarez	Universidad de El Salvador	71800951 ma15083@ues.edu.sv	
Jhonatan Enrique Peñate González	Universidad de El Salvador	75511496 pg16021@ues.edu.sv	
Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta	Universidad de El Salvador	74178782 carlos.ruano3@ues.edu.sv	
Lic. Santos Wilmar Morales Arévalo	Universidad de El Salvador	79558504 santos.morales@ues.edu.sv	

Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento. Firma:

Ing Agr. Enrique Alonso Alas García

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad: Firma:

Ing. Agr. M.Sc. Blanca Eugenia Torres de Ortiz

Jefe del Departamento: Firma: Sello:

Lugar y fecha: San Salvador, septiembre 2023.

Control de ácaros *Varroa destructor* en colmenas de abejas (*Apis mellifera*) aplicando dos alternativas: aceite esencial de romero con alcohol y azúcar impalpable

Menéndez Álvarez, FJ¹. Guerrero Alvarenga, JL¹. Peñate González, JE¹. Ruano Iraheta, CE². Morales Arévalo, SW².

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el departamento de LaPaz, en los meses de julio a diciembre de 2022. Con el propósito de evaluar alternativas para el control de *Varroa destructor*, se aplicaron los tratamientos siguientes: testigo absoluto (T0), control físico aplicando 4ml de aceite esencial de romero + 4ml de alcohol etílico (T1), espolvoreo de 50 g de azúcar impalpable (T2), y aplicación de Amitraz 2ml/750ml de agua= testigo relativo (T3). El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cada uno con cinco repeticiones, siendo las unidades experimentales 8 colmenas dobles y 12 colmenas sencillas. Se determinó que el espolvoreo de azúcar impalpable (T2) presentó los mejores resultados en las variables porcentaje de infestación en periodo 1 ($4.18 \pm 1.63\%$) y en el periodo 2 ($3.36 \pm 0.09\%$), porcentaje de infestación promedio ($4.04 \pm 0.57\%$), número de abejas muertas por tratamiento (Cero abejas muertas), eficacia de los tratamientos (54.78%) y comparación económica de los tratamientos en el rango de las 4 semanas de estudio y tomando en cuenta solo los consumibles para cada repetición (\$2.85). Se concluyó que el espolvoreo de azúcar impalpable dentro de la colmena 1 vez cada 7 días durante 4 semanas redujo significativamente la infestación al final del periodo 2 (3.36%) de ácaros (*Varroa destructor*) en fase forética en las colmenas, presentando un efecto residual de control, después de terminar su aplicación.

Palabras claves: *Varroa destructor*, Colmena, Azúcar impalpable, Aceite esencial deRomero, Amitraz, Eficacia, Porcentaje de infestación, Evasión.

Control of *Varroa destructor* mites in beehives (*Apis mellifera*) by applying two alternatives: rosemary essential oil with alcohol and powdered sugar.

Menéndez Álvarez, FJ¹. Guerrero Alvarenga, JL¹. Peñate González, JE¹. Ruano Iraheta, CE². Morales Arévalo, SW².

ABSTRACT.

The research was conducted at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences at the University of El Salvador, located in the department of La Paz, during the months of July to December 2022. With the purpose of evaluating alternatives for the control of *Varroa destructor*, the following treatments were applied: absolute control (T0), physical control by applying 4ml of rosemary essential oil + 4ml of ethanol (T1), dusting with 50g of powdered sugar (T2), and application of Amitraz 2ml/750ml of water = relative control (T3). The statistical design used was completely randomized blocks with four treatments, each with five replications. The experimental units consisted of 8 double hives and 12 single hives. It was determined that the dusting of powdered sugar (T2) showed the best results in the variables of infestation percentage in period 1 ($4.18 \pm 1.63\%$) and period 2 ($3.36 \pm 0.09\%$), average infestation percentage ($4.04 \pm 0.57\%$), number of dead bees per treatment (Zero dead bees), treatment efficacy (54.78%), and economic comparison of treatments over the 4-week study period, considering only consumables for each replication (\$2.85). It was concluded that the dusting of powdered sugar inside the hive once every 7 days for 4 weeks significantly reduced infestation at the end of period 2 (3.36%) of mites (*Varroa destructor*) in the phoretic phase in the hives, presenting a residual control effect after the application ended.

Keywords: *Varroa destructor*, Hive, Powdered sugar, Rosemary essential oil, Amitraz, Efficacy, Infestation percentage, Avoidance.

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Estudiante tesista.

2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia, Docente Director.

1. INTRODUCCION

La varroasis es una parasitosis de mucha importancia, ya que afecta a las abejas en todos sus estadios de desarrollo (cría y adultos), debido a que este ácaro (*Varroa destructor*), puede actuar como factor predisponente para otras enfermedades, debilitando las abejas infestadas, ocurriendo también una disminución de la producción de miel, polen y otros productos de la colmena. Los apicultores en su gran mayoría deben aplicar sustancias acaricidas para controlar los daños que ocasiona la *V. destructor* todos los años, lo cual evidentemente genera gastos económicos importantes en productos para el control. Los acaricidas, tienden a generar resistencia, dejan residuos contaminantes en la miel y otros productos de la colmena, afectando su calidad sanitaria y valor comercial. Constantemente se está buscando métodos y técnicas para el control de *V. destructor* o modalidades de control y manejo que permitan disminuir las densidades poblacionales de este ácaro, sin que se generen contaminaciones en la colmena ni gastos en productos para el control, a fin de hacer de la apicultura una actividad rentable y sostenible (López Trujillo, 2021).

El individuo clave del ciclo de desarrollo de la *Varroa destructor* es la hembra adulta (Vandame 2009). La cual comprende dos fases distintas en su ciclo de vida: **la fase forética**, la cual se lleva a cabo sobre la abeja adulta y **la fase reproductiva** la cual ocurre dentro de la celda de cría (Nazzi, *et al.* 2016). Así también según Rivera (2004), la varroasis presenta 3 etapas:

Etapa I: Hay una cantidad reducida de ácaros en la colonia y no impiden el desarrollo normal de la colonia.

Etapa II: El número de ácaros se incrementa, hay debilitamiento en la colonia por muerte de gran número de abejas, esta llega a ser víctima del pillaje y las crías son abandonadas.

Etapa III: Hay una masiva invasión de la colonia, cada abeja es parasitada por seis a ocho ácaros, la presencia de este puede ser detectada en los panales, celdas, crías, y abejas adultas (zánganos, obreras y reinas).

La infestación de la colmena por parte de *V. destructor*, conlleva a la presentación de una sintomatología tanto a nivel individual donde se evidencia una alteración en el desarrollo ya nivel grupal donde se reduce la capacidad reproductiva de la colonia y se presenta la transmisión de enfermedades virales debido a la actuación del ácaro como vector de hasta 8 virus diferentes (Rosenkranz *et al.*, 2010). En todos los países el daño inicial provoca más del 50 % de mortalidad en las colmenas existentes. Una abeja parasitada su posibilidad de vida se reduce al 50 % por lo menos. Sin intervención del apicultor, la probabilidad de mortalidad de un colmenar de *Apis mellifera* es de 10 %-15 % el primer año, 20 %-30 % el segundo año. Y alrededor de 100 % en el tercer año. A lo sumo, una colonia sin tratamiento es improbable que viva más de cinco años después de la infestación inicial (Anderson *et al.*, 2000).

Control de la varroasis

1- Aceite esencial: Estos acaricidas se catalogan como ácidos naturales (por ejemplo, ácido fórmico y ácido oxálico) o como aceites esenciales (por ejemplo, timol, mentol, eucalipto, alcanfor y aceite de orégano). Una de las principales ventajas de los acaricidas naturales es que su modo de acción, diferente al de los acaricidas sintéticos, hace poco probable que los ácaros puedan desarrollar resistencia a ellos. Además, en términos generales, este tipo de productos ofrecen una mayor libertad para usarse en el control de *V. destructor* porque varias de las sustancias con las que se formulan se encuentran naturalmente en la miel o en plantas comestibles y por lo tanto no se considera que contaminan los productos de la colmena (SAGARPA, 2011).

2- Azúcar impalpable: El número de *V. destructor* capturadas en trampas es mayor en colmenas tratadas, con diferencias significativas respecto a las colmenas sin tratamiento, lo cual evidencia un importante efecto en el desprendimiento y caída de *V. destructor* del cuerpo de abejas adultas por reflejo higiénico, además no tiene efecto en el número de abejas adultas, número de panales de cría y número de panales de reserva alimenticia porcolmena (López Trujillo, 2021).

3- Amitraz por fumigación: Es un compuesto perteneciente a la familia de las formamidinas insecticidas, se usa como plaguicida principal ante la presencia de resistencia a carbamatos y organofosforados, para el uso contra *Varroa destructor* el fármaco viene normalmente en una solución del 12.5%, desde 1998 se lo empezó a usar en una presentación de fábrica que venía en tiras plásticas impregnadas con 500 mg del principio activo pero esta presentación no llega con frecuencia a los países de América Latina (Srivastava, 2013).

Otros métodos químicos

4- Ácido oxálico: su uso es en solución acuosa o vaporizado. Se recomienda usar en colmenas que no tengan cría, ya que podría quemarlas.

5- Ácido fórmico al 65%: es altamente corrosivo, se debe usar máximo por 3 aplicaciones cada 6 días, además no debe ser aplicado en temperaturas mayores a 29° centígrados y la colmena debe estar ventilada para evitar la intoxicación de la colonia.

6- Piretroides: Dentro de la familia de los piretroides, tenemos principalmente la flumetrina y el Tau-fluvalinato. Este tipo de tratamientos solían ser efectivos, pero actualmente están teniendo muchos problemas de resistencias, después muchos años tratando con estas moléculas, la *Varroa destructor* se ha hecho resistente a este tipo de principio activo.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del estudio.

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, a 55 km. De San Salvador. Las coordenadas geográficas son latitud norte 13°28' y longitud oeste 89°06' y una elevación promedio de 50 m.s.n.m. con precipitación media anual de 1744mm tiene una temperatura media anual de 28°C, y una velocidad promedio del viento de 9 km/h. (Martínez Argueta *et al.* 2005).

Duración de la investigación

La investigación inició en agosto de 2022 y finalizó en diciembre de 2022. La primera etapa tuvo una duración de 2 semanas y consistió en preparar el lugar, compra de colmenas, colocación de bloques (para formar base sobre la cual se colocaron las colmenas), se preparó la nueva ubicación de las colmenas mediante la eliminación de maleza, arbustos grandes y árboles que pudieran brindar mucha sombra. También se prepararon las colmenas para traslado: colocación de papel periódico para cierre de agujeros de alza y cierre en piqueras, colocación de lazo para asegurar cierre al momento del traslado y

establecimiento. Posteriormente se procedió a la aleatorización de los tratamientos. En la segunda etapa se realizó la fase de adaptación por 7 días, al mismo tiempo se prepararon trampas para las piqueras, una cuadrícula blanca de vinyl pegada sobre el fondo de las cajas

Langstroth para facilitar la cuantificación de ácaros que cayeron, letreros de PVC para identificar cada tratamiento con vinyl adhesivo y rótulo principal para identificar la investigación. Después de la fase de adaptación se procedió a instalar las cuadrículas sobre los fondos de cada caja Langstroth previamente engrasados con vaselina.

El inicio de la fase de toma de datos se llevó a cabo en la última semana de agosto y terminó la primera semana de diciembre de 2022.

2.2. METODOLOGIA DE CAMPO

Materiales y herramientas Materiales

Se utilizó para determinar niveles de infestación: frasco de vidrio, tela zaranda, galvanizada, bolsas plásticas transparentes, tijeras, cuaderno, lapiceros y vinyl para la tablacuadrículada. Así también para la alimentación en colmenas: cubetas, balanza, bolsas plásticas transparentes, tazas para llenar bolsas, báscula, y botella de 1 L para medir cantidad de agua.

Herramientas

Se utilizaron para la aplicación de los tratamientos: colador de 21cm de diámetro y orificios de 1 mm, balanza, jeringas de 10ml, jeringas de 5ml, atomizador. Así también se usaron en la investigación para el manejo de las colmenas: ahumadores, trajes apícolas, velos, guantes, botas, espátulas, cepillos apícolas.

Ubicación de colmenas

Las colmenas se ubicaron en la Estación Experimental y de Prácticas a 17 metros al oeste de la conejera con orientación de las piqueras hacia el poniente; de esa forma se buscó reducir el riesgo de picaduras a trabajadores y estudiantes que transitaban sobre el camino hacia las galeras avícolas, así también en esa orientación las abejas no tenían obstáculo por los arbustos al salir de la piquera. La distancia entre colmena fue de 1m entre caja y de 3m entre hileras; con el propósito de no interrumpir la salida y entrada de las abejas en el vuelo. Se identificó con rótulo a cada una de las unidades experimentales de acuerdo con la repetición y bloque por tratamiento asignado.

Unidades experimentales

Se utilizaron 20 colmenas Langstroth con las dimensiones externas (42cm de ancho, 24cm de alto y 52cm de largo), de manera que cada tratamiento contó con 2 colmenas dobles y 3 colmenas sencillas con abejas africanizadas (*Apis mellifera scutellata*). Al finalizar la investigación, las colmenas pasaron a ser propiedad de la Universidad de El Salvador.

Formulación de tratamientos

Testigo T0: En este tratamiento no se aplicó ningún producto para eliminar *Varroa destructor*. Se usó como parámetro de comparación entre los demás tratamientos.

Aceite esencial de romero más control físico T1: Este diseño de trampa consistió en dos partes, la primera formada por un pequeño bloque de poliestireno expandido (12cm de largo y 7cm de ancho) a la cual se le inyectó una mezcla de 4ml de aceite esencial de romero + 4ml de alcohol, este último con el fin de fijar el aceite esencial en la espuma, a la que se le perforaron agujeros de un tamaño adecuado para que pudieran pasar las abejas y se pudieran impregnar. El piso de la trampa se hizo con tela zaranda de 2mm de diámetro del orificio (con dimensiones de: 20cm de ancho y 13.5cm de largo) con el objetivo que pudieran caer *V. destructor*. La

segunda parte de la trampa consistía en una cortina con pelos de brochas de pintura para que se lograra barrer algunas *V. destructor*. En el resto de la piquera se colocó papel periódico para limitar el acceso y obligar que las abejas ingresaran a la trampa. En el fondo de la trampa se añadió una pequeña bandeja que se engrasó con vaselina para capturas de *V. destructor* y prevenir que subieran nuevamente.

Azúcar impalpable T2: Se espolvorearon 50 g. de azúcar impalpable en cada una de las 5 colmenas correspondientes; mediante la ayuda de un colador plástico de malla gruesa de 21 cm de diámetro y orificios de 1 mm, 9 cm de profundidad y un mango de agarradero de 14 cm; sobre los cabezales de los marcos y en los espacios entre los marcos, sacudiendo suavemente para garantizar esparcir la cantidad en toda la colmena, para que quedara adherido al cuerpo de las abejas, evitando derramar azúcar al suelo para no tener problemas por invasión de hormigas en el área de estudio.

Amitraz T3: Se tomó la recomendación de aplicación de dilución de 2ml de amitraz / 750ml de agua mediante la ayuda de un atomizador (Gomez y Rodríguez Escobar, 2011). Se utilizaron 3 atomizadores de 1000ml de capacidad y a cada uno se le agregaron 750ml de agua. Luego se le aplicaron 2ml de Amitraz para la mezcla del tratamiento.

Alimentación: Para evitar abandono de las colonias y mantener siempre a las abejas en las colmenas se les proporcionó alimentación de estímulo que se recomienda desde agosto hasta octubre. La solución se preparó con agua y azúcar morena en proporción 1:1. Se alimentó a todas las colmenas (20 colmenas en total; por lo tanto, lo requerido fueron 20 litros) y se les proporcionó 1 litro por colmena en una sola bolsa de plástico. Para elaborar la cantidad total de jarabe se utilizaron 10 litros de agua y 10 kg de azúcar, (IRACH, 2015). Se proporcionó alimentación 1 vez por semana por la mañana, después de la aplicación de los tratamientos y de realizar diagnósticos.

Toma de datos: Las tomas de datos se realizaron por las mañanas los días viernes, semanalmente en todas las colmenas. Se utilizó la técnica de diagnóstico de azúcar impalpable (azúcar glass) para varroa forética, ya que no es una técnica invasiva como las pruebas de lavado con alcohol o con jabón y después de la prueba las abejas pueden ser devueltas a su colonia, donde son limpiadas por las otras abejas.

Procedimiento para el diagnóstico con azúcar impalpable o azúcar glass:

Selección de marcos: Se seleccionó cualquier marco de cría sin opercular verificando que la reina no estuviera presente. Se sostuvo el marco aproximadamente a 10 grados respecto a la vertical deslizando el frasco hacia arriba y hacia abajo para que las abejas cayeran dentro del frasco o por barrido con la ayuda de un cepillo para marco.

Modificación de tapa: La tapa del frasco se modificó y se reemplazó con tela zaranda metálica de 2mm de diámetro, para evitar la salida de las abejas luego de su captura.

Colocación de zaranda: Dentro del frasco se colocó un vaso hecho de zaranda metálica de 2mm de diámetro removible el cual consiste en un vaso sin tapadera que quepa dentro del frasco y al fondo permita ser un filtro. En su abertura permitía el ingreso de las abejas, pero en el fondo impide el paso de las mismas, pero que permite la salida de ácaros *V. destructor* y azúcar.

Adición de azúcar impalpable: Luego de recolectar las abejas, se cerraba la tapa y se vertían 2-3 cucharadas de azúcar en polvo a través de la tapa con zaranda. Se movía en círculos para cubrir todas las abejas y luego se dejaba reposar por 3 minutos.

Conteo de abejas: Se colocaron las abejas sobre una tabla con fondo blanco y cuadriculado

con medidas de 37cm de ancho y 48cm de largo marcado con 9 cuadrículas para permitir un mejor conteo de abejas.

Conteo de ácaros: El azúcar que quedó al fondo del frasco se vertía en una bolsa transparente para conteo de ácaros. Se vertió el contenido de las abejas muestreadas sobre una cuadrícula para contar el número de ácaros que se desprendían de las abejas, además de realizar el conteo de las mismas (abejas) para el cálculo de porcentaje de infestación.

2.3. METODOLOGIA ESTADISTICA

Diseño del experimento: Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con la utilización de 4 tratamientos y cinco repeticiones. (T0= control, T1=4ml de aceite esencial de romero + 4ml de alcohol, T2=Azúcar impalpable 50 g, T3=Amitraz 2ml/ 750ml de agua). La unidad experimental fue una colmena, en total se utilizaron 20 colmenas, siendo 8 colmenas dobles y 12 colmenas sencillas. Además se estimó la pérdida de unidades experimentales, por lo cual se fijó que si se perdía más del 50% de las unidades experimentales de un solo tratamiento, se debía desestimar para el análisis de resultados.

Se aplicó el análisis de varianza del diseño de bloques completos al azar y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) a los datos de las variables porcentaje de infestación, porcentaje de infestación promedio y eficacia de los tratamientos, con el fin de verificar si existen diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos control (T0), 4ml de aceite esencial de romero + 4ml de alcohol (T1), azúcar impalpable 50g (T2) y Amitraz (T3), y determinar cuál es mejor tratamiento, apoyándose del programa Infostat versión 2020.

Variables a evaluar

Variable independiente: Tratamientos en estudio (T0= control, T1=4ml de aceite esencial de romero + 4ml de alcohol, T2=Azúcar impalpable 50 g, T3=Amitraz 2ml/ 750ml de agua).

Variables dependientes

Porcentaje de infestación: Esta variable se dividió en dos periodos ya que T1 (trampa con aceite esencial de romero más alcohol), más del 50% de las unidades experimentales sufrieron evasión

Porcentaje de infestación por periodo 1: comprendió los datos de la semana 1 a semana 9.

Porcentaje de infestación por periodo 2: comprendió los datos de la semana 10 a semana 15.

Para la determinación del porcentaje de infestación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\text{Número de varroas}}{\text{Número de abejas}} \times 100$$

El propósito de medir el porcentaje de infestación es para determinar qué tan afectadas están las colmenas por el ácaro previo a la aplicación de los tratamientos y luego de la fase de campo estimar la reducción del porcentaje de infestación sufridos en pro de la efectividad de cada tratamiento. Luego de obtener los resultados de infestación se comparó con la información del siguiente cuadro 1

Cuadro 1. Categorías de porcentajes de infestación.

CATEGORIA DE INFESTACION	NIVEL	Porcentaje de infestación (%)
No se observó	0	0
Leve	1	1-5
Moderado	2	6-10
Fuerte	3	>10

Fuente: tomado de Calderón *et al.* (2018).

Porcentaje de infestación promedio: Comprendió datos tomados desde la semana 1 hasta la 15; pero sin tomar en cuenta datos del T1, por motivos de evasión del más de 50% de unidades experimentales.

Número de abejas muertas por tratamiento: El propósito de medir el número de abejas muertas por tratamiento, es para determinar la viabilidad de cada tratamiento, es decir, que durante la aplicación de los métodos de control contra la varroasis, no se afectara la población de la colmena provocada por el uso de los tratamientos. En esta variable se contabilizó todas las abejas muertas por aplicación de tratamientos, con la ayuda del fonduadrulado que se colocó en las colmenas.

Eficacia del tratamiento: El propósito de medir la eficacia de cada tratamiento es para determinar cuál de todos los métodos seleccionados en la investigación logró mayor reducción de la infestación y convertirse, para el apicultor, en una herramienta útil y eficaz para el control de la varroasis. Se determinó mediante los datos de los porcentajes de infestación de *Varroa destructor* pre y post aplicación de los tratamientos, aplicando la siguiente fórmula (Pomagualli Chafra, 2017).

$$\% \text{ eficacia} = \frac{\% \text{ infestación inicial} - \% \text{ infestación final}}{\% \text{ infestación inicial}} \times 100\%$$

2.4 METODOLOGIA ECONOMICA

Con el objetivo de determinar el tratamiento más económico se compararon sólo los costos variables, es decir los costos que están relacionados con los insumos que se compraron para el control de la varroasis.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Porcentajes de infestación del periodo 1.

Los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en los porcentajes de infestación durante las semanas 1, 2 y 3. A partir de la semana 4 a la 9 se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). El promedio de las semanas de la 1 a la 9 (Figura 1) en colmenas correspondientes al tratamiento 2 con aplicación de azúcar impalpable (T2) se obtuvo un porcentaje de infestación del periodo 1 de $4.18 \pm 1.63\%$; un valor que se

categoriza como una infestación leve según Calderón *et al.*, (2018); siendo así, el mejor de los tratamientos para el periodo 1. En colmenas correspondientes al tratamiento 3 con aplicación de Amitraz (T3) se determinó un porcentaje de infestación del periodo 1 de $5.67 \pm 0.44\%$ categorizada como una infestación leve según el cuadro 1; siendo así, el segundo mejor tratamiento para el periodo 1. En colmenas correspondientes al tratamiento 1 con aplicación de aceite esencial de romero más control físico (T1); se determinó un porcentaje de infestación del periodo 1 de $6.07 \pm 0.78\%$, cuyo valor se categoriza como una infestación moderada de acuerdo al cuadro 1; siendo así, el tercer mejor tratamiento para el periodo 1. En colmenas correspondientes al tratamiento 0 sin aplicación de producto (T0) con un porcentaje de infestación del periodo 1 de $7.18 \pm 0.19\%$, por tanto, se puede categorizar como un porcentaje de infestación moderado según la categorización de Calderón *et al.* (2018); siendo el tratamiento menos efectivo para el control de la varroasis.

El umbral o límite del porcentaje de infestación para decidir si dar tratamiento a una colmena puede variar según área geográfica debido a variaciones en las poblaciones de abejas y varroa (Veto-pharma, 2020).

Si la infestación en abejas adultas es mayor al 5% es necesario utilizar algún método de control que recomiende el técnico especializado en las fechas que este le indique (MartínezPuc *et al.* 2011).

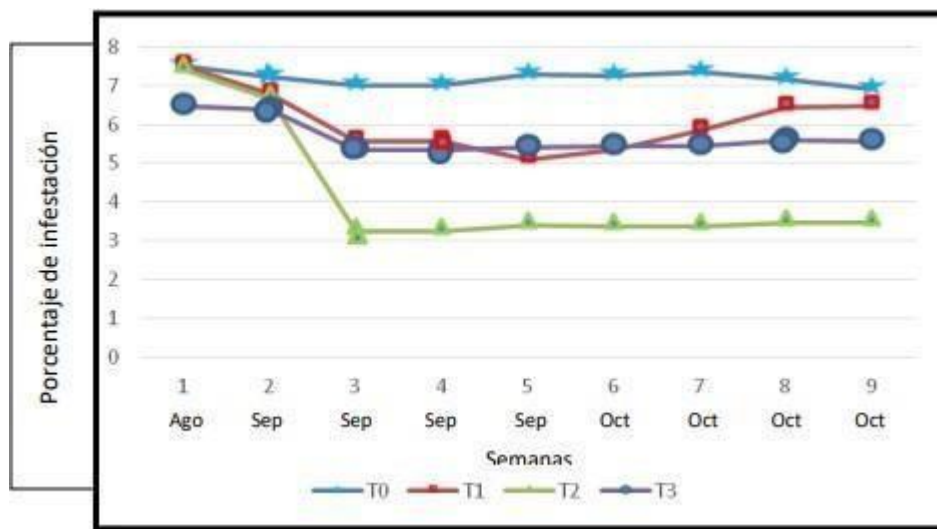


Figura 1. Porcentaje de infestación de *V. destructor* del periodo 1 (semana 1-9).

Porcentajes de infestación del periodo 2.

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los porcentajes de infestación durante las semanas 10 a la 15 (Figura 2). En colmenas correspondientes al tratamiento 2 con aplicación de azúcar impalpable (T2) se determinó el porcentaje de infestación promedio del periodo 2 de $3.36 \pm 0.09\%$, un valor que se categoriza como una infestación leve según Calderón *et al.*, (2018); siendo así, el mejor de los tratamientos para el periodo 2. En colmenas correspondientes al tratamiento 3 con aplicación de amitraz (T3) se obtuvo un porcentaje de infestación promedio del periodo 2 de $5.58 \pm 0.05\%$ categorizada como una infestación leve de acuerdo al cuadro 1; siendo así, el segundo mejor tratamiento para el periodo 2. En colmenas correspondientes al tratamiento 0 sin aplicación de producto (T0) se determinó el porcentaje de infestación promedio del periodo 2 de $7.27 \pm 0.07\%$, por tanto, se puede categorizar como un porcentaje de infestación moderado según Calderón *et*

al., (2018); siendo así, el tratamiento menos efectivo para el control de la varroasis.

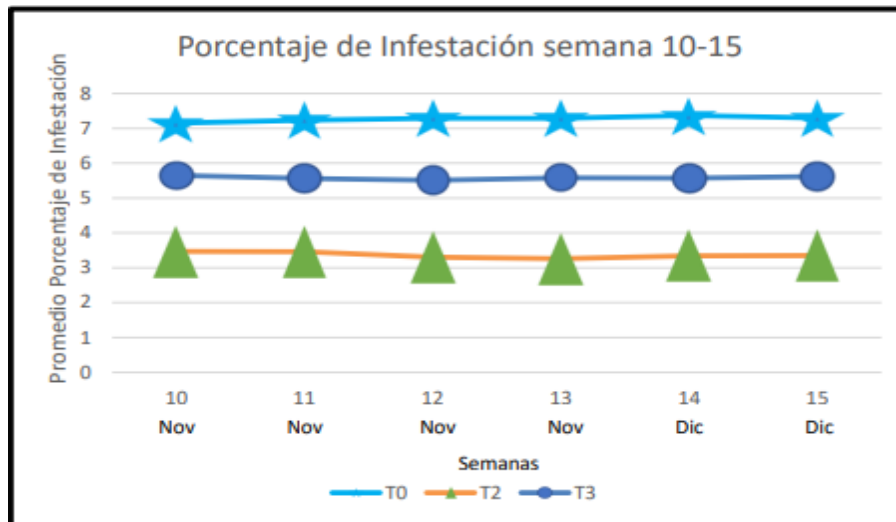


Figura 2. Porcentaje de infestación de *V. destructor* del periodo 2 (semana 10-15).

Durante estas semanas se decidió no tomar en cuenta los datos de T1 (trampa con aceite esencial de romero más alcohol), ya que más del 50% de las unidades experimentales sufrieron evasión, Guzmán García (2001) realizó un estudio con el propósito de encontrar un material alternativo para la construcción de colmenas, a manera de prolongar su vida útil, reducir costos y cumplir objetivos ecológicos; tuvo una duración de seis meses, constó de dos tratamientos uno de fibra vegetal + cemento y uno de madera, cada uno de 9 repeticiones. En sus resultados manifestó que durante el desarrollo de su estudio fueron: 4 de las 9 colmenas del tratamiento de madera que se dio caso de evasión, atribuyéndose a 2 de ellas el ataque de polilla esta no pudo tolerar y repeler la presencia de la polilla; un ataque de hormiga ocurrió surgimiento de un hormiguero cerca de esta y otra por deformación de la tapadera de la colmena (pandeo) debido a la influencia de factores ambientales. La falta de confort en la colmena se dio a inicios de lluvias ya que algunas de las colmenas tendieron a pandearse permitiendo la entrada de viento, lluvia y sol. Esto hizo que afectara a las abejas y se manifestó la evasión. La falta de confort en el presente experimento posiblemente provocó evasión del T1, ya que las cajas utilizadas la mayoría eran de madera y no estaban en las mejores condiciones, algunas de ellas presentaban agujeros, los cuales eran tapados con papel periódico, en 3 colmenas del T1 la tapa

también presentaba agujeros y cuando llovía el plástico impedía el paso de agua dentro de la colmena, sin embargo, no se observó la presencia de polilla o ataques de hormigas en las colmenas donde hubo evasión.

Según Salamanca Grosso *et al.*, 2000, las trampas que se colocan en la piquera, obligan a las abejas que entran a dejar caer el polen recolectado. El inconveniente de estas trampas radica en que al ponerlas en la piquera reducen notablemente la ventilación de la colmena, y en las zonas de mucho calor producen la muerte por asfixia de las abejas, especialmente de los zánganos, que al no poder salir se agrupan frente a la piquera, aumentando los problemas de ventilación. Esto posiblemente fue un factor que influyó en el estudio, ya que las temperaturas en el lugar donde se encontraban ubicadas las colmenas eran altas, de hasta 35°C durante el mediodía y al no tener sombra de árboles debido a que en situaciones de lluvia se corre el peligro de caída de estos mismos, el sol afectaba en gran manera a las colmenas durante el día y al tener las abejas la única entrada por la piquera impregnada con

aceite esencial de romero la población comenzó a reducir. Sin embargo, al plantear la alternativa de la trampa no fue la de recolectar polen ya que estas también se colocan en la piquera, si no el poder barrer o eliminar la varroa forética al momento que estas ingresarán por la piquera; de igual forma nunca se encontraron abejas muertas en las colmenas donde hubo evasión mientras se aplicaba el tratamiento.

Para el aceite esencial siempre será necesario el contacto con el principio activo como lo menciona Vandame (2000), que para la utilización de compuestos que se preparen en forma líquida y que deban ser vertidos en un soporte, este debe ser de una estructura que se disgregue, ya que las abejas pueden así repartir el producto por toda la colonia. El contacto con el aceite esencial de romero pudo ser un factor por el cual no se vio favorecido el tratamiento, ya que se han empleado aceites esenciales en otros estudios de diferentes formas más no el obligar a la abeja a que tenga el contacto directo con el aceite. Este se vio afectado por variable condición climática, temperatura exterior superior promedio anual de 28°C y humedad relativa superior al 70%.

Porcentaje de infestación promedio

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el número promedio de *Varroa destructor* durante las semanas de 1-15. El mejor tratamiento fue la aplicación de azúcar en polvo T2 ($4.04 \pm 0.57\%$). Los tratamientos sin aplicación de producto T0 ($7.23 \pm 2.66\%$) y Amitraz T3 ($5.68 \pm 1.90\%$) mostraron mayor infestación, pero fueron similares entre sí. No se incluyó el T1 por evasión en más del 50% de las unidades experimentales (Figura 3).

Estos resultados concuerdan con López Trujillo (2021) donde obtuvieron resultados favorables al demostrar que el azúcar impalpable aplicado en espolvoreo en las colmenas tuvo efecto de desprendimiento, el número de ácaros *V. destructor* capturados en trampa fue mayor en colmenas tratadas, con diferencias significativas respecto a las colmenas sin tratamiento, lo cual evidencia un importante efecto en el desprendimiento y caída de *V. destructor* del cuerpo de abejas adultas.

Así mismo Ellis *et al.* (2008), también ensayaron el efecto del azúcar impalpable sobre ácaros *V. destructor* en dosis de 120 g por aplicación en colonias tratadas cada dos semanas durante 11 meses con el propósito de determinar su eficacia. Encontraron que en las colonias espolvoreadas no se afectó significativamente la población de abejas adultas o la cantidad de cría; sin embargo, no encontraron diferencias significativas entre el número de ácaros por colonia.

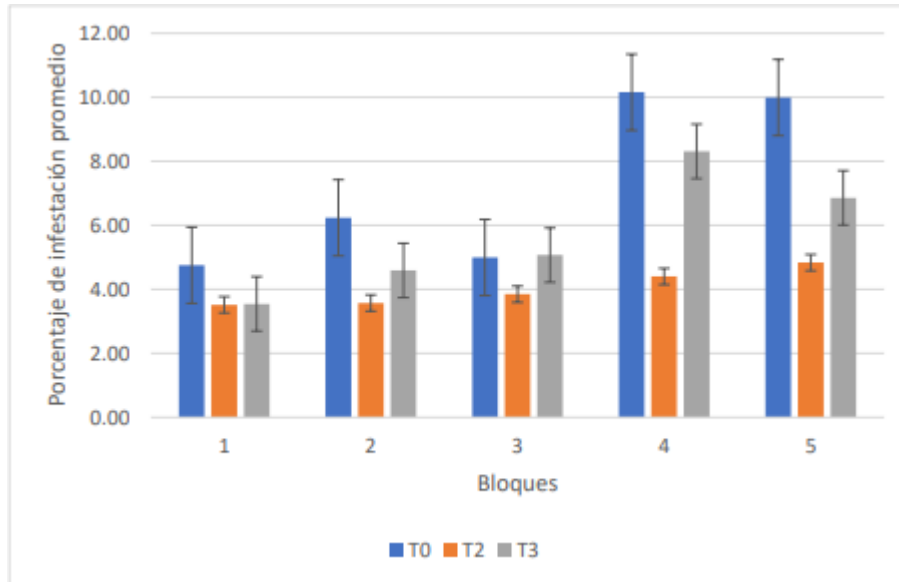


Figura 3. Porcentaje de infestación promedio con desviación estándar

Numero de abejas muertas por tratamiento.

Al final de las semanas de aplicación de los tratamientos, se extrajo el fondo cuadrículado de las colmenas y se obtuvieron los siguientes resultados: cero abejas muertas para los tratamientos T0: sin aplicación de producto, T1: aceite esencial de romero más control físico, T2: azúcar impalpable y T3: aplicación de Amitraz, respectivamente. Lo que indicó que los tratamientos no afectan la integridad de las abejas. Cabe aclarar que la mortalidad de abejas fue provocada por el manejo, cuando se tomaba la muestra para medir el porcentaje de infestación.

Eficacia de los tratamientos.

La reducción que resulta después de la aplicación de todos los tratamientos al final de las 15 semanas de experimento, fueron la base para determinar la eficacia de los tratamientos. Se obtuvieron los siguientes resultados promedios de la eficacia de los tratamientos, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$), situando al T2: Azúcar impalpable como el tratamiento más eficaz en el control de Varroasis, con un porcentaje de 54.78% presentando mayor reducción de todos los tratamientos evaluados, seguido del T3: aplicación de amitraz con el 13.22% de eficacia y quedando como el menos eficaz de los tratamientos, el T0: sin aplicación de producto con un 2.64%. (Cuadro 2). Como mención especial cabe aclarar que a pesar de que la eficacia del T1: aceite esencial de romero más alcohol es de 7.24%, no se tomó en cuenta, ya que el dato de porcentaje de infestación final no se pudo tomar en todas las colmenas por motivos de evasión.

Cuadro 2. Eficacia de los tratamientos.

Tratamiento	% Inicial	% Final	% Eficacia
0= Sin aplicación	7.50	7.30	2.64
1= Aceite esencial de romero más control físico *	7.50	6.96	7.24
2= Espolvoreo de azúcar impalpable	7.40	3.35	54.78
3= Aplicación de amitraz	6.47	5.62	13.22

* Marcado por evasión y desestimación en la investigación.

Los resultados obtenidos para (T1) en esta investigación son superiores a los registrados por Pomagualli Chafla (2017), quien encontró una eficacia de 14.44% utilizando 3 aplicaciones cada 7 días por colmena, en dosis de dos cuadrillos/colmena, cada pedazo de oasis contenía 8 ml de solución (4ml de aceite esencial de romero con 4 ml de alcohol), estos fueron colocados sobre los cabezales de los bastidores en dos esquinas. El porcentaje de eficacia obtenida en esta investigación para Amitraz fue menor al reportado por Chura, *et al.* (2019), quien obtuvo eficacia de 55.22% cuando utilizó Amitraz (amitraz; tira plástica con 0.49 g de principio activo) a razón de dos tiras plásticas por colmena entre los marcos por un periodo de 45 días. Se puede observar en los resultados la eficacia del tratamiento de azúcar impalpable en comparación con Amitraz y aceite esencial de romero, debido a que este método provoca un estímulo higiénico en las abejas y se logró disminuir la infestación de abejas adultas reduciendo la cantidad de *V. destructor* foréticas.

Comparación Económica de los tratamientos.

Uno de los factores que más interesan al apicultor para poder decidirse entre un tratamiento u otro, es su factibilidad económica, es decir que mientras más bajos sean los costos de inversión del tratamiento, mejor será ya que obtendrá mayor margen de ganancia. Por lo tanto, se comparó el valor monetario invertido en cada uno de los tratamientos con el fin de determinar cuál fue el que tuvo una menor inversión. Dentro de la investigación, se calculó la inversión total por tratamiento, tomando en cuenta materiales e instrumentos; así también se calculó la inversión por semana y por día de tratamiento.

En definitiva, en cuanto a la comparación económica en el rango de las 4 semanas de estudio y tomando en cuenta solo los consumibles para cada tratamiento y cada repetición, el mejor de los tratamientos fue el de azúcar impalpable (T2), ya que los costos por tratamiento (incluyendo solo consumibles) para la ejecución fueron los más bajos (\$2.85), seguido del tratamiento de amitraz (T3) con un monto total de \$10 y en último lugar con los costos más elevados fue el de la trampa de aceite de romero y alcohol (T1) (\$40.35) (Figura 4).

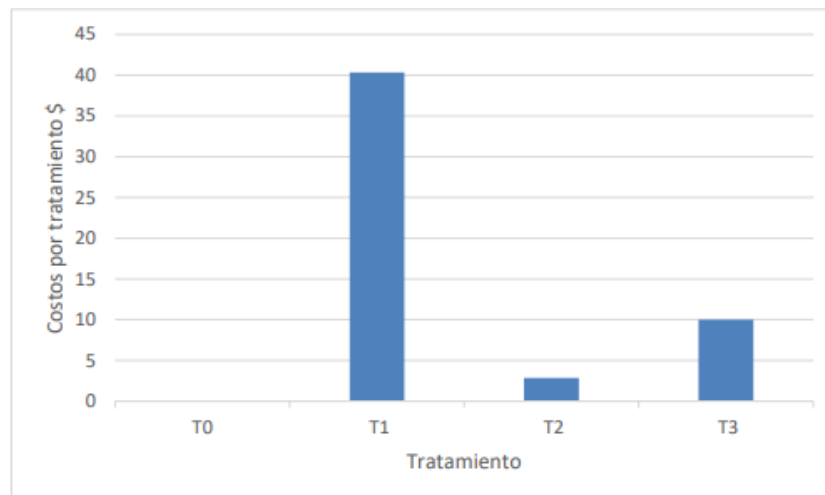


Figura 4. Comparación económica de los tratamientos durante las 4 semanas.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que el espolvoreo de azúcar impalpable dentro de la colmena 1 vez cada 7 días durante 4 semanas redujo significativamente la infestación al final del periodo 2 (3.36%) de ácaros (*Varroa destructor*) en fase forética en las colmenas, presentando un efecto residual de control, después de terminar su aplicación.

Utilizar métodos para el control de la varroasis colocados en la piquera, generan estrés a toda la colonia y por ende la evasión de la misma. Como en el caso del tratamiento con 4ml de aceite esencial de romero y 4 ml de alcohol (T1).

Controlar la varroasis con cualquiera de los tratamientos utilizados, no tiene influencia en el número de abejas adultas muertas al final de las semanas de aplicación.

La eficacia del tratamiento con azúcar impalpable (T2) fue significativamente superior con 54.78% para el control y erradicación de varroasis en fase forética.

Económicamente el mejor de los tratamientos en cuanto a costos de consumibles fue el azúcar impalpable (T2) con menores costos para su ejecución (\$2.85) por cinco colmenas durante 4 semanas de aplicación.

5. RECOMENDACIONES

A los investigadores y apicultores se les sugiere utilizar el espolvoreo de 50 g de azúcar impalpable para el control y erradicación de varroas cada 7 días durante 4 aplicaciones de tratamiento, ya que se trata de una alternativa económica, amigable con el medioambiente y eficaz.

Aplicar el T2 (espolvoreo de azúcar impalpable) cuando sea el tiempo de menor frecuencia de pecoreo (en los meses de mayo a agosto), esto con el fin de tratar a todas las abejas posibles, de lo contrario siempre estará la posibilidad de que cuando las abejas vuelven fuera de la colmena no sean alcanzadas por el tratamiento.

Administrar los tratamientos en el transcurso de la mañana de 6am a 8am o por la tarde de 4pm a 6pm cuando la temperatura ambiental se encuentre igual o abajo de 28°C; ya que esto evitara una tensión adicional para la colonia.

Identificar a la abeja reina antes de realizar un muestreo para el diagnóstico de la varroasis con el fin de evitar dañarla y por consiguiente afectar la reproducción de la colonia.

6. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, D; Trueman, J. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species Experimental and Applied Acarology (en línea) 165-189p. Consultado el 21 de jun. 2022. Disponible en DOI:10.1023/A:1006456720416
- Calderón R.A; Padilla S; Ramírez M. 2018, Estudio preliminar sobre la presencia de enfermedades de enjambre de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) en diferentes zonas de Costa Rica. (en línea) Vol. 37. Consultado 20 de jun. 2022. Disponible en <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ20220303474>
- Chura J.; Martos. A.; Reyes F.; Vargas. J. 2019, Eficacia de cuatro acaricidas sobre el ácaro *Varroa destructor*. (en línea). Lima, Perú. Consultado 13 de jun. de 2023. Disponible en: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1633/pdf_266
- Ellis, A; Hayes, G; Ellis, J. 2009. Eficacia de espolvorear colonias de abejas con azúcar el polvo para reducir las poblaciones de ácaros Varroa. International Bee Research Association (IBRA).Journal of Apicultural Research (en línea). 48 (1),72 – 76. Consultado el 25 de marzo 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.1.14>
- Gómez García M. L; Rodríguez Escobar B. I. 2011. Evaluación del uso de diferentes concentraciones de acaricida comercial en el control de varroa (*Varroa destructor*) en apiario infestado. (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. UES, San Salvador, El Salvador, 130p. Consultado el 20 de jun. 2022. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7141/>
- Guzmán García, S.R. 2001. Uso de fibra vegetal y cemento en la construcción de colmenas(en línea). Tesis Lic. Zootecnia, Guatemala, Guatemala, USAC. 50p. Consultado el 22 de jun. 2022. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7510/>
- IRACH (Inversiones de la Red Apícola de Chile). 2015. Preparación de alimentos para abejas (en línea), Chile. Consultado 29 de jun. de 2022. Disponible en: <https://teca.apps.fao.org/teca/es/technologies/8393>
- López Trujillo J. 2021. Efecto del azúcar impalpable sobre el ácaro (*Varroa destructor*) (Anderson y Trueman) en el colmenar de la Universidad Nacional Agraria La Molina(en línea). Tesis Ing. Zootecnista, Lima, Perú. UNALM. 65p. consultado el 21 jun.2022. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_2b86934318c7c311c1eb05f37b51d058
- Martínez Argueta, AA; Zelada Guevara, CA; Herrera Martínez, ME. 2005. Creación de un modelo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) para una finca, caso Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas (en línea). TesisIng. Agr. San Salvador, El Salvador. UES 98. consultado el 22 de jun. 2022.Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9002/>
- Martínez Puc, JF; Alcalá Escamilla, KI; Leal Hernández, M; Vivas Rodríguez, JA; Martínez Aguilera, E. 2011. Prevención de varroosis y suplementación. Manual decapacitación. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.Consultado el 8/8/2023. Disponible en:https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/manual_varroosis.pdf
- Nazzi, F; Milani, N; Vedona, G; Nimis, M. 2006. Atracción de *Varroa destructor* por las señales de cría, sobre la base de las señales emitidas por el alimento larval. (en línea). Córdoba,

- Argentina. Consultado 29 de jun. De 2022. Disponible en:
<http://www.fiitea.org/foundation/files/224s.pdf>
- Pomagualli Chaffa C.J. 2017. Acaricidas sintéticos y naturales para el control de *Varroa destructor* en colmenas *Apis mellifera* (en línea). Tesis ing. Zootecnista, Lima, Perú, UNALM 87p. Consultado el 20 de jun. 2022. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8140>
- Rivera, R. 2004. Curso Taller Sanidad Apícola (en línea). SCAES. Nueva San Salvador - El Salvador. 63p. Consultado el 20 de jun. 2021. Disponible en:
<https://www.cursosapicultura.com/curso-de-sanidad-apicola/>
- Rosenkranz, P; Aumeier, P; Ziegelmann, B. 2010. Biology and control of *Varroa destructor*(en línea). Journal of Invertebrate Pathology, 1-17p. Consultado el 22 de jun. 2021. Disponible en: doi: 10.1016/j.jip.2009.07.016.
- Salamanca Grosso G; Hernandez Valero E; Vargas E.F. 2000. El polen en el sistema de puntos críticos cosecha propiedades y condiciones de manejo. (en línea), Tolima, Colombia, Consultado 22 de marzo de 2023. Disponible en:
<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/738-el-polen-en-el-sistema-de-puntos-criticos>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural). 2011. Manual de patología apícola, (en línea), Consultado el 23 de junio de 2022, Disponible en:
<https://den.ufla.br/siteantigo/Professores/Alcides/Disciplinas/patolog%C3%AD%20a%20apicola.pdf>
- Srivastava. 2013. Amitraz: An unfamiliar poisoning with familiar pesticide. Anaesthesiol Clin Pharmacol (en línea). 420-421p. Consultado el 21 de jun. 2022. Disponible en: doi: 10.4103/0970-9185.117092.
- Vandame R. 2009. Abejas europeas y abejas africanizadas en México: la tolerancia a *Varroa jacobsoni*: Primera parte: Biología de Varroa (en línea). México. 32- 37p. Consultado el 22 de jun. 2022. Disponible en:
<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-porpopularidad/1232-abejas-europeas-y-abejas-africanizadas-en-mexico-la-tolerancia>
- Vandame, R. 2000. Control alternativo de Varroa en apicultura, (en línea). Consultado 22 de marzo de 2022. Disponible en
<http://www.geocities.com/sitioapicola/organica/remy/remyvandamehtml>
- Veto-Pharma. 2020. Guía de Varroa. Segunda edición. Consultado 8/8/2023. Disponible en:
<https://www.blog-veto-pharma.com/wp-content/uploads/2020/05/Varroa-Guide-Espagne2020.pdf>