

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

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

POR

Johanna Lissette Guerrero Alvarenga

Francisco Javier Menéndez Álvarez

Jhonatan Enrique Peñate González

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Ciudad Universitaria, 28 de julio de 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado

RECTOR

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

SECRETARIO GENERAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Dr. Ing. Agr. Francisco Lara Asencio

DECANO

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

SECRETARIO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

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

DOCENTES DIRECTORES

Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta

Lic. Santos Wilmar Morales Arévalo

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta

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 La Paz, 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 realizaron cuatro aplicaciones de productos acorde a los tratamientos asignados por colmena con intervalos de 7 días por aplicación haciendo un total de 28 días; Donde se estimó el porcentaje de infestación en 2 periodos (divididos en periodo 1 y 2, por el motivo de evasión del T1), el porcentaje de infestación promedio, el número de abejas muertas por tratamiento, la eficacia de los tratamientos y la comparación económica de los tratamientos.

Los tratamientos que presentaron los mejores resultados en la variable porcentaje de infestación al finalizar el periodo 2 fueron: espolvoreo de azúcar impalpable y amitraz; obteniendo porcentajes de 3.36% y 5.58% respectivamente. En cuanto a la eficacia de los tratamientos, los que presentaron mejores resultados fueron: el espolvoreo de azúcar con una eficacia del 54.78%, seguido de Amitraz con 13.22%. Ninguno de los tratamientos aplicados tuvo efecto en mortalidad de abejas adultas post tratamientos. El tratamiento de aceite esencial de romero sufrió evasión de más del 50% de las unidades experimentales.

La principal conclusión fue: la utilización de azúcar impalpable cuatro veces con intervalo de siete días redujo significativamente la infestación de ácaros (*Varroa destructor*) en fase forética en las colmenas.

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

Abstract

The research was carried out at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of El Salvador, located in the department of La Paz, from 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 applying 4ml of rosemary essential oil + 4ml of ethyl alcohol (T1), dusting of 50g of impalpable sugar. (T2), and application of Amitraz 2ml/750ml of water= relative control (T3). The statistical design used was complete randomized blocks with four treatments and each one with five repetitions, the experimental units being 8 double hives and 12 single hives. Four applications of products were made according to the treatments assigned per hive with intervals of 7 days per application, making a total of 28 days; Where the infestation percentage was estimated in 2 periods (divided into periods 1 and 2, due to the reason for T1 evasion), the average infestation percentage, the number of dead bees per treatment, the efficacy of the treatments and the economic comparison. of the treatments.

The treatments that presented the best results in the infestation percentage variable at the end of period 2 were: powdered sugar and amitraz dusting; obtaining percentages of 3.36% and 5.58% respectively. Regarding the efficacy of the treatments, those that presented the best results were: sugar sprinkles with an efficacy of 54.78%, followed by Amitraz with 13.22%. None of the treatments applied had an effect on mortality of adult bees post treatments. The rosemary essential oil treatment suffered evasion from more than 50% of the experimental units.

The main conclusion was: the use of powdered sugar four times with an interval of seven days significantly reduced the infestation of mites (*Varroa destructor*) in the phoretic phase in the hives.

Keywords: *Varroa destructor*, Beehive, Powdered sugar, Rosemary essential oil, Amitraz, Efficacy, Percentage of infestation, Evasion.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta, Docente Director de la investigación, quien amablemente fue nuestro asesor, por tener esa calidad de personalidad quien nos guió brindando mucho apoyo y atención en este trabajo.

Lic. Wilmar Santos quien asesoró en los Análisis Estadísticos proporcionando la ayuda necesaria con tal paciencia y mucho apoyo para poder resolver este trabajo.

Ing. Marvin Molina e Ing. Humberto Ruiz Mejía por permitirnos trabajar en la Estación Experimental y de Prácticas brindando apoyo con materiales y personal (en especial a Carlos López Bonilla) necesario para poder culminar nuestra fase de resultados.

DEDICATORIA

A Dios por todas sus bendiciones y permitirnos seguir con vida, por no abandonarme y guiarme y darme fuerzas para seguir adelante.

A mis padres, ya que sin el apoyo de ellos nada hubiera sido posible, por sus buenos deseos, su bendición, su protección, sus palabras de aliento, sus consejos que no me dejan caer día a día; han sido un pilar fundamental en mi toma de decisiones y de mi futuro, gracias por todo soy la persona más afortunada por tener el apoyo de mi familia.

A mis amigos por su apoyo incondicional y formar parte de mi vida son muy importantes para mí.

Johanna Lissette Guerrero Alvarenga

DEDICATORIA

A Dios por permitir conocer a las personas correctas, por la fuerza y por darme la oportunidad de llegar hasta estos momentos.

A mi mamá Nancy Álvarez hasta el cielo por siempre apoyarme y por hacer todo el esfuerzo de darme el estudio hasta donde pudo y hasta donde la vida se lo permitió, ya que sin ella yo no hubiera tenido el privilegio de estudiar.

A mis abuelos (Blanquita y Paquito) por estar siempre ahí y por alentarme a seguir a pesar de las adversidades.

A mis tíos y demás familia por enseñarme a afrontar mis problemas siempre.

A mis amigos por su esfuerzo y porque siempre seguimos a pesar del cansancio.

Francisco Javier Menéndez Álvarez

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a este punto de mi vida y protegernos durante todo este tiempo y darnos la fuerza para poder lograr todo lo realizado en este proceso.

A mi familia, principalmente a mis padres que siempre estuvieron para apoyarme y darme la oportunidad de darme el estudio hasta hoy en día. Por ser mis ejemplos de superación y no darme por vencido en el transcurso de la carrera y ayudarme con mis gastos de los materiales didácticos que sirvieron para mi formación superior.

A mis compañeros y amigos de tesis, los cuales conocí durante la carrera y siempre nos ayudamos y complementamos mutuamente para resolver todos los problemas que se nos presentaron durante la realización de este proyecto. Su perseverancia y sus ganas de salir adelante fueron fundamentales para poder culminar toda la investigación.

A mis amigos que también me brindaron todas esas palabras de apoyo para motivarme a culminar mis estudios.

A todos los docentes que me brindaron de sus conocimientos para poder formarme como un futuro profesional.

Jhonathan Enrique Peñate González

INDICE GENERAL

Resumen	iv
Abstract	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA	vii
INDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
1. Introducción	1
2. Revisión Bibliográfica	2
2.1. Las abejas	2
2.1.1. Generalidades de las abejas.....	2
2.1.2. Castas.	2
2.1.2.1. Reina	2
2.1.2.2. Obreras.....	3
2.1.2.3. Zánganos.....	3
2.1.3. Ciclo biológico de las castas	4
2.1.3.1 Huevo	4
2.1.3.2 Larva.....	4
2.1.3.3 Pupa	4
2.1.4. Causas de abandono de una parte o la totalidad de la colonia.....	4
2.1.4.1. Migración	5
2.1.4.2. Enjambrazón.....	5
2.1.4.3. Evasión.....	5

2.2. Varroasis.	5
2.2.1. Origen y distribución	5
2.2.2. Taxonomía y morfología.	6
2.2.3. Ciclo biológico del ácaro	6
2.2.3.1. Fase forética	7
2.2.3.2. Fase reproductiva.	7
2.2.4. Etapas de la varroasis.....	8
2.2.5. Efectos de la varroasis en abejas.....	9
2.2.6. Signos clínicos.....	9
2.2.7. Diagnostico.....	10
2.2.7.1. Diagnostico diferencial	11
2.3. Productos de uso más frecuente para el control de varroasis	11
2.3.1. Amitraz por fumigación	11
2.3.2. Otros métodos químicos	12
2.3.3. Uso de azúcar impalpable.....	12
2.3.4. Control físico + acaricida de origen natural u orgánico	13
3. Materiales y Métodos.	15
3.1. Descripción del estudio.....	15
3.1.1. Duración de la investigación	15
3.2. Metodología de campo.....	16
3.2.1. Materiales y herramientas.....	16
3.2.2 Ubicación de colmenas	16
3.2.3. Unidades experimentales.....	16
3.2.4. Formulación de tratamientos.....	17
3.2.4.1. Testigo T0.....	17
3.2.4.2. Aceite esencial de romero más control físico T1	17

3.2.4.3. Azúcar impalpable T2	17
3.2.4.4. Amitraz T3	17
3.2.5. Alimentación	18
3.2.6. Toma de datos	18
3.2.6.1. Selección de marcos.....	19
3.2.6.2. Modificación de tapa	19
3.2.6.3. Colocación de zaranda	19
3.2.6.4. Adición de azúcar impalpable	19
3.2.6.5. Conteo de abejas.....	19
3.2.6.6. Conteo de ácaros.....	20
3.3. Metodología estadística	20
3.3.1. Diseño del experimento	20
3.3.2. Modelo estadístico	20
3.4. Variables a evaluar	21
3.4.1. Variable independiente	21
3.4.2. Variables dependientes.....	21
3.4.2.1. Porcentaje de infestación.....	21
3.4.2.2. Porcentaje de infestación por periodo 1	21
3.4.2.3. Porcentaje de infestación por periodo 2	21
3.4.2.4. Porcentaje de infestación promedio	22
3.4.2.5. Número de abejas muertas por tratamiento	22
3.4.2.6. Eficacia del tratamiento.....	22
3.5. Metodología Socio-económica y ambiental.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
4.1. Porcentajes de infestación del periodo 1.....	23

4.2. Porcentajes de infestación del periodo 2.....	24
4.3. Porcentaje de infestación promedio	26
4.4. Numero de abejas muertas por tratamiento	27
4.5. Eficacia de los tratamientos	27
4.6. Comparación Económica de los tratamientos.	29
5. CONCLUSIONES	31
6. RECOMENDACIONES	32
7. BIBLIOGRAFIA	33
8. ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ciclo biológico de las castas	4
Cuadro 2. Formulación de los tratamientos.....	18
Cuadro 3. Análisis de Varianza.....	21
Cuadro 4. Categorías de porcentajes de infestación	22
Cuadro 5. Eficacia de los Tratamientos.....	28
Cuadro A-1. Promedio totales de infestación semanas 1-9	39
Cuadro A-2. Promedios totales de infestación semanas 10-15.....	39
Cuadro A-3. Prueba de tukey para porcentaje de infestación del periodo 1 (semana 1-9)	40
Cuadro A-4. Prueba de tukey para porcentaje de infestación del periodo 2 (semana 10-15).40	
Cuadro A-5. Porcentaje de infestación promedio por tratamiento	40
Cuadro A-6. Prueba de Tukey para porcentaje promedio de infestación.....	40

Cuadro A-7. Resumen de análisis de varianza	41
Cuadro A-8. Eficacia de los tratamientos de estudio.....	41
Cuadro A-9. Prueba de Tukey para la variable eficacia de los tratamientos... ..	42
Cuadro A-10. Costos totales por tratamiento.....	42
Cuadro A-11. Costos por aplicación de tratamiento... ..	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de infestación de <i>V. destructor</i> del periodo 1 (semana 1-9).....	24
Figura 2. Porcentaje de infestación de <i>V. destructor</i> del periodo 2 (semana 10-15).....	25
Figura 3. Comportamiento de la eficacia de los tratamiento, tomando en cuenta el porcentaje de infestación inicial (semana 1) y el porcentaje de infestación final (Semana 15).....	28
Figura 4. Comparación económica de los tratamientos durante las 4 semanas... ..	30
Figura A-1. Porcentaje de infestacion con desviacion estandar semanas 1 a la 9.....	42
Figura A-2. Porcentaje de infestacion con desviacion estandar de semanas 10 a la 15.....	42
Figura A-3. Porcentaje de infestación promedio con desviacion estandar.....	43
Figura A-4. Mapa geográfico de la Estación Experimental y de Prácticas.....	44
Figura A-5. Mapa satelital Estación Experimental y de Prácticas.....	45
Figura A-6. Preparación de colmenas para su posterior traslado.....	45
Figura A-7. Colocación de protección a colmena para traslado.....	45
Figura A-8. Traslado de colmenas.....	46
Figura A-9. Traslado de colmena a zona libre de árboles.	46
Figura A-10. Preparación de trampas para piqueras.....	46
Figura A-11. Rotulación de tratamientos... ..	46

Figura A-12. Rotulo de tema de investigación	47
Figura A-13. Separación entre colmenas y entre hileras.....	47
Figura A-14. Esquema de la estructura de la trampa	47
Figura A-15. Estructura de la trampa	48
Figura A-16. Preparación del jarabe.....	48
Figura A-17. Tapa modificada con tela zaranda y Vaso de zaranda	48
Figura A-18. Frasco con abejas colectadas reposando	49
Figura A-19. Cuadrícula blanca que permite un mejor conteo de abejas.....	49
Figura A-20. Conteo de abejas	49
Figura A-21. Varroas colectadas luego de un muestreo	49
Figura A-22. Fondo cuadriculado colocado dentro de las colmenas	50
Figura A-23. Evasión en colmena donde fue aplicado T1.....	50

1. Introducción

En El Salvador la apicultura es una fuente que produce ingresos para muchas familias, además que puede producir ganancias económicas e importantes beneficios a la agricultura y el medio ambiente por medio de la polinización de las abejas. El Salvador es uno de los más grandes productores de miel de abeja a nivel centroamericano. Esto debido a que cumplen con los requisitos; y uno de ellos es que la miel esté libre de residuos de medicamentos veterinarios contaminantes ambientales, como plomo y plaguicidas (MAG, 2022).

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 objetivo de esta investigación fue evaluar dos alternativas para el control de la *V destructor* en relación con el porcentaje de infestación, número de abejas muertas, eficacia y costos (\$). La primera fue el uso de un diseño de trampa en la piquera con aceite esencial de romero y alcohol para controlar la infestación del acaro en las colmenas y la segunda alternativa fue espolvoreo de azúcar impalpable en la colonia para poder generar un estímulo higiénico en las abejas permitiendo de esta forma que los ácaros se puedan desprender. Estas alternativas se compararon con la aplicación de amitraz que es un producto acaricida e insecticida conocido y un testigo absoluto en el cual no se aplicó ningún tratamiento.

2. Revisión Bibliográfica

2.1. Las abejas

2.1.1. Generalidades de las abejas.

Las abejas melíferas de la especie *A. mellifera* (Hymenoptera: Apidae) son insectos eusociales, pertenecientes al orden Himenópteros, al género *Apis* y especie *mellifera*. Esta especie está compuesta por tres castas o categorías de abejas: una reina, miles de obreras, y un número variable de zánganos, que dependen de la disponibilidad de alimento y la época del año. Las abejas habitan el planeta desde hace más de 40,000 años, en perfecta armonía con la naturaleza. Recolectan néctar y polen para el mantenimiento de sus crías y su propia alimentación y, a través de la polinización, garantizan la perpetuación de la especie vegetal. Las abejas viven en grandes sociedades llamadas colonias, perfectamente organizadas, donde cada individuo realiza una función determinada de acuerdo a su edad y desarrollo físico (Argüello Nájera, 2010).

2.1.2. Castas.

2.1.2.1. Reina

La forma de la reina difiere de las demás abejas, pues su cuerpo es más largo, sus alas parecen más cortas en relación al tamaño del cuerpo, sus patas desprovistas de herramientas y cepillos lucen más largas. Tiene un aguijón curvo y listo que solo utiliza en lucha contra otra reina. No tiene glándulas cereras ni canasta (corbícula) en la tercera pata para transportar polen (Pomagualli Chafra, 2017)

A diferencia de las obreras, recibe una alimentación especial (jalea real), desde sus primeros días de larva y a lo largo de toda su vida, logrando así un desarrollo completo, lo cual le permite ser fecundada y contribuir a la conservación de la especie. Su periodo de metamorfosis tarda 16 días, a partir de la postura del huevo fecundado que le da origen. La reina es el único individuo de la colonia que produce huevos diploides (obreras), y haploides (zánganos), mientras que las obreras sólo son capaces de producir huevos haploides ya que no se fecundan, y sólo aparecen en caso de que la reina muera y no pueda ser reemplazada. La reina es la única hembra sexualmente desarrollada de la colonia y, por tanto, la madre de todos los zánganos, obreras y futuras reinas. Su capacidad para poner huevos es alta; la producción diaria puede superar los 1,500 huevos, cuyo peso es equivalente a su propio peso. Las abejas reinas tienen una vida media de 3 a 4 años (Argüello Nájera, 2010).

2.1.2.2. Obreras

Las obreras son las más numerosas dentro de la colmena llegando a alcanzar un máximo de 60,000 a 70,000 obreras, en épocas de mayor floración. Las funciones según el ciclo fisiológico de las obreras son: a) limpiar celdilla y calentar la cría (1 día), b) producción de jalea real (2-5 días), c) alimentar larvas (6-11 días), d) producción de cera, construcción de panales y transporte de alimento (12-17 días), e) guardia en la piquera (18-20 días) f) pecoreadoras (21- 45 días). Las obreras son hembras infértiles ya que sus órganos sexuales están atrofiados. Su longitud oscila entre los 10 y 13 mm, tiene la lengua más larga de las 3 castas la cual les sirve para succionar o libar el néctar además tiene sobre cada pata del tercer par una corbícula para acarrear el polen a la colmena. (Pomagualli Chafra, 2017). Las abejas obreras siempre son la casta más abundante de la colonia de abejas y pueden llegar a ser más de 60,000; las abejas obreras presentan una vida media de 7 semanas, aunque depende mucho de la cantidad de trabajo que estas realicen (Argüello Nájera, 2010).

2.1.2.3. Zánganos

Las abejas zánganos son producto de los huevos no fecundados (individuos haploides) y su única función en la colmena es fecundar a la reina. Su cuerpo es de mayor tamaño que el de la abeja obrera y más ancho que el de la reina; tienen muy desarrollada su visión, sus ojos poseen 8.600 facetas, a diferencia de las obreras que solo tienen 6.900. De igual forma, su olfato se encuentra más desarrollado dado que tienen 30.000 órganos olfatorios mientras que las obreras solo 3.000. Existen varios cientos dentro de una colmena, sólo cuando las condiciones son buenas (Polaino, 2007).

El aparato reproductivo está diseñado para acoplarse al aparato reproductor de la hembra en el vuelo y permitir la eyaculación dentro de los ovarios de la reina. Luego de fecundarla, éste muere dado que sus órganos genitales son desprendidos después del vuelo nupcial. Puesto que el aguijón es una estructura modificada de los órganos genitales de las hembras, los zánganos no tienen aguijón por consiguiente no pueden aguijonear; tampoco tienen ninguna de las estructuras necesarias para coleccionar polen y néctar. En los periodos de escasez de alimento, los zánganos son expulsados de la colonia por las obreras dado que consumen las reservas de alimentos en grandes cantidades, ocasionándoles la muerte por hambre. Estos viven alrededor de 3 meses (Franco, 2009).

2.1.3. Ciclo biológico de las castas

Según lo descrito por Clemente (1991) desde que la reina pone huevo hasta que nace el individuo adulto, la abeja pasa por 3 estados de desarrollo, estos estados son:

2.1.3.1 Huevo: la reina coloca los huevos de punta en el fondo de la celda, tal como pasan los días se van inclinando hasta quedar acostados; tres días después de la puesta nace la larva.

2.1.3.2 Larva: la larva se encuentra acostada en el fondo de la celda sobre un líquido blanco que es una gotita de jalea real. La larva crece y se va curvando, más tarde se extiende con la cabeza hacia fuera y teje un capullo de seda. Las obreras recubren la celda con un opérculo de cera, al día siguiente la larva comienza a transformarse al estado de pupa.

2.1.3.3 Pupa: la larva va tomando forma de abeja adulta, entonces se dice que está en estado de pupa. Se distingue la cabeza, el tórax y el abdomen y se desarrollan las patas, alas y antenas.

Los 3 tipos de castas sufren estas mismas transformaciones, pero la duración es distinta, excepto la fase de huevo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ciclo biológico de las castas

	Reina	Obrera	Zángano
Huevo	3	3	3
Larva	5.5	6	6.5
Pupa	7.5	12	14.5
Total días	16	21	24

Fuente: Clemente 1991.

2.1.4. Causas de abandono de una parte o la totalidad de la colonia.

La colonia puede abandonar total o parcialmente la colmena por diferentes razones, las cuales pueden clasificarse de acuerdo a sus motivos:

2.1.4.1. Migración:

Esta se refiere a la migración o abandono de la colmena por falta de condiciones básicas para la sobrevivencia de la colonia, las comunes son de alimentación incluyendo agua y disponibilidad de flora (Manual básico de apicultura, s.f).

2.1.4.2. Enjambrazón:

Es la forma natural de propagación de la colonia de una colmena original para establecerse en otro sitio. La enjambrazón ocurre cuando la colmena se encuentra abarrotada o sea completamente llena de abejas, alimento y sin posibilidades de más espacio (Manual básico de apicultura, s.f).

2.1.4.3. Evasión:

Se refiere a la fuga de toda una colonia que se lleva a cabo por motivos que ponen en peligro la vitalidad de las abejas. Es una característica que las abejas africanizadas manifiestan con mucha frecuencia. Este comportamiento se debe a que estos insectos son altamente susceptibles a disturbios causados por depredadores, ruido, calor intenso y manejo excesivo (Guzmán *et al.* 2011).

2.2. Varroasis.

2.2.1. Origen y distribución.

La Varroasis es una parasitosis causada por el ácaro *V. destructor* (Anderson y Trueman, 2000). El ácaro *Varroa Jacobsoni Oudemans* es un complejo de parásitos formado por más de dos especies, incluidas en una nueva clasificación restringida a abejas *Apis cerana* en la región de Malasia e Indonesia, por lo que, los ácaros que afectan a las abejas *Apis mellifera* alrededor del mundo pertenecen a otra especie denominada *Varroa destructor*.

Este parásito es identificado originalmente como huésped natural de la abeja asiática *Apis cerana* con la cual vive en equilibrio, ya que éstas son capaces de eliminar al parásito mediante el comportamiento denominado acicalamiento. Al introducir abejas melíferas europeas a Asia con el fin de reemplazar a *Apis cerana*, menos productiva ocurrió el contagio; para 1958, logró infestar a las abejas *Apis mellifera*, introducidas a Asia; Además, la importación de abejas legales e ilegales, ocasionó que esta parasitosis se dispersara por Europa en los años 70's (Rosales, 2007). *Varroa destructor* es considerado el agente etiológico más importante de los colmenares, por el daño que causa y su amplia distribución mundial (Roberts *et al.* 2015).

2.2.2. Taxonomía y morfología.

Según la última actualización realizada por Arctos en 2020, posee la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Arachnida

Orden: Mesostigmata

Familia: Varroidae

Género: *Varroa*

Especie: *destructor*

Fuente: Arctos (2020)

Este ácaro presenta dimorfismo sexual: hembra y macho, se diferencian en forma y tamaño. La hembra posee dimensiones que fluctúan entre 1.0 y 1.2 mm de largo y 1.7 mm de ancho, por lo que es visible a simple vista. Su color puede variar de rojizo a café intenso y su consistencia es coriácea. Su cuerpo está provisto de pelos rígidos que permiten su firme anclaje cuando se ubica en los segmentos abdominales de la abeja. El parásito es bastante plano en sentido dorso-ventral y tiene una forma ovalada, posee 4 pares de patas; las 2 anteriores tienen funciones táctiles y olfativas, mientras que el resto de ellas sirve para la locomoción del ácaro. El macho, por lo general, no abandona la celdilla del panal, lo que hace difícil observarlo. Mide 0.8 a 0.95 mm de largo y de 0.70 a 0.93 mm de ancho, siendo mucho más pequeño que la varroa hembra y de color blanco plomizo, gris (SAGARPA, 2011).

2.2.3. Ciclo biológico del ácaro.

El individuo clave del ciclo de desarrollo de la *Varroa destructor* es la hembra adulta (Vandame *et al.*, 2008).

El ciclo de vida de *Varroa* comprende dos etapas distintas: 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).

2.2.3.1. Fase forética

Varroa destructor generalmente se inserta entre las esclerosternitas abdominales de abejas adultas donde penetra las membranas intersegmentarias para ingerir hemolinfa y grasa. Muchas veces, *Varroa destructor* también se puede encontrar entre la cabeza y el tórax o entre el tórax y el abdomen (OIE, 2021).

El acaro que se observa sobre la abeja es la hembra adulta; el tiempo que dura esta fase oscila entre 4 y 14 días en condiciones normales y con disponibilidad de cría de abejas. Evidentemente, en periodos sin cría *Varroa* se ve obligada a permanecer mayor tiempo sobre las abejas adultas.

Luego de ingresar a la colmena, la *Varroa* busca celdas con cría a punto de opercular y se introduce a esas celdas, lo que da paso a la siguiente fase (INIFAP, 2011).

2.2.3.2. Fase reproductiva.

Las hembras de los ácaros inician la fase reproductiva cuando llegan a la celda de cría, ya sea de obrera, gracias a que han sido transportadas hasta allí por una abeja nodriza, la cual abandonan a poca distancia de la celda que será invadida (Rosenkranz *et al.*, 2010); normalmente 20 o 40 horas antes de que se selle la celda, los ácaros perciben señales químicas liberadas por la larva de la abeja que le resultan atractivas; estas señales están dadas por sustancias como el ácido palmítico, algunos hidrocarburos cuticulares de longitud de cadena intermedia y los esteres de ácidos grasos ya mencionados; éstos y en especial el palmitato de metilo y el linolenato de metilo, sirven como señal para que la celda sea sellada, y por medio del secuestro de estas señales es que los ácaros saben que celda invadir (Nazzi, *et al.* 2016).

Posteriormente cuando ingresan, se esconden de las abejas nodrizas, acostándose boca abajo y hundiéndose en el alimento líquido para la larva, mientras que expone los peritremes (apéndice móvil, localizado entre el 3er y 4to par de patas) los cuales sobresalen de la superficie del fluido como un tubo respirador, lo que les permite respirar (Nazzi, *et al.* 2016).

Los ácaros permanecen en esta posición por un corto periodo de tiempo, hasta aproximadamente 4 horas después de que la celda sea sellada; una vez cerrada, los ácaros salen de la comida larval en el fondo de la celda y comienzan a alimentarse de la hemolinfa de las prepupas, y alrededor de 60 - 70 horas después de que se sella la celda, se pone el primer huevo, llegando una sola hembra a ovopositar de 7 a 10 huevos, dentro de los cuales 1 resulta ser macho y el resto hembras (Evans, *et al.* 2018).

Los huevos se ponen por lo general en la pared de la celda en intervalos de 30 horas. Aproximadamente, el primer huevo es generalmente macho cuando eclosiona y posteriormente nacen solo hembras (Rosenkranz *et al.*, 2010). Los ácaros pasan por los siguientes estadios: larva, protoninfa ambulatoria, protoninfa inmóvil, deutoninfa ambulatoria, deutoninfa inmóvil y adulto, es decir, las ninfas ambulatorias se alimentan continuamente, ya que es una fase de alimentación y crecimiento, mientras que en los estadios inmóviles se mantienen inactivos ya que es una fase sin alimentación, siendo así, el ácaro progenitor mantiene abierto el sitio de alimentación de hemolinfa en la abeja juvenil para permitir que su descendencia coma (Calderón *et al.*, 2009) Cuando las deutoninfas mudan a la fase adulta, el apareamiento se lleva a cabo entre hermanos en el sitio de acumulación fecal de la celda, a menos de que haya más de un ácaro progenitor invasor, en ese caso, puede ocurrir un cruzamiento (los ácaros hembra solo pueden aparearse inmediatamente después de la muda) (Calderón *et al.*, 2009).

Este apareamiento es originado por un estímulo feromonal por parte de la hembra al producir tres ácidos grasos (ácido oleico, ácido palmítico y ácido esteárico) y ésteres etílicos, los cuales, desencadenan intentos de apareamiento por parte del macho (Nazzi, *et al.* 2016). El apareamiento debe ocurrir antes de que la abeja eclosiona, ya que los machos y las hembras no apareadas mueren después de que la abeja sale de la celda (Bayer, 2019)

2.2.4. Etapas de la varroasis.

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).

2.2.5. Efectos de la varroasis en abejas.

La infestación de la colmena por parte de Varroa, conlleva a la presentación de una sintomatología tanto a nivel individual donde se evidencia una alteración en el desarrollo y a 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).

La acción parasitaria directa del acaro es la succión de hemolinfa desde las larvas y abejas adulta, incluidos los machos. De esta hemolinfa el acaro extrae fracciones proteicas, determinando daños tanto en larvas como en abejas adultas. Por cada acaro que parasita pierde el 10 % de su peso y sufre una grave disminución de sus proteínas que llegan al 60%. La cría de abeja que sufre este daño presenta malformaciones durante el desarrollo y generando abejas de tamaño menor, cuerpo deforme y alas atrofiadas, lo que la invalida para el desarrollo de sus funciones en la colonia, por lo que acaban por ser eliminadas. En el caso de los zánganos parasitados presentan una reducción en el peso corporal, en las vesículas seminales, en las glándulas mucosas y en la producción de espermatozoides (Rosenkranz *et al.*, 2010).

Las abejas al intentar despojarse de los ácaros sin lograrlo, las obliga a perder tiempo y energía en esta actividad, en desmedro de sus labores habituales en el interior de la colmena o en la recolección (Anderson *et al.*, 2000).

2.2.6. Signos clínicos.

La colonia se debilita, las abejas se muestran nerviosas (inquietas), se observa la presencia de uno o varios ácaros en el cuerpo de algunas abejas, hay mortandad en la cría, algunas abejas emergen con malformaciones en las alas, patas abdomen y tórax; otras abejas carecen de alas o no las pueden extender. En los panales se observan opérculos perforados y deformados como respuesta de las obreras a la detección del ácaro en la celdilla de la cría en desarrollo. Si se abre una celdilla (especialmente las de zánganos que son las más afectadas), podrán observarse ácaros en distintas etapas de desarrollo (SAGARPA, 2011).

2.2.7. Diagnostico.

Existen diferentes tipos de técnicas para determinar la presencia de varroa, que de por si son técnicas muy subjetivas, pero advierten de la presencia de parásitos ácaros; estos métodos pueden emplearse como prevención y seguimiento de la infestación en la colonia:

- 1- La colocación del tablero: consiste en cubrir el piso de la colmena con una hoja de papel fuerte de colores brillantes y claros, este papel debe ir cubierto con un marco de madera que tenga una malla de 3 mm, la cual sirve para evitar que las abejas tengan acceso a los escombros (Vásquez *et al.*, 2000). Este método de diagnóstico permite contar la caída diaria de ácaros y con base en los resultados, estimar la gravedad de la infestación y determinar un adecuado plan de tratamiento (Bayer, 2019).
- 2- Método del azúcar impalpable: el fundamento consiste en capturar un numero grande de abejas (entre 300 y 500) en un frasco transparente o una bolsa de plástico con cierre hermético, el azúcar puede ser espolvoreado (alrededor de 5 cucharadas) (Bayer, 2019) o el recipiente puede contener el azúcar ya adentro, cabe destacar que los resultados serán más veraces si se usan marcos de cría con abejas recién eclosionadas o larvas que están a punto de ser selladas; posteriormente el recipiente se agita suavemente durante 1 a 2 minutos (De Guzmán *et al.*, 2017). La razón de este procedimiento consiste en evitar que los apoteles o ventosas de las patas de los ácaros funcionen adecuadamente y así no puedan aferrarse a la abeja (Bayer, 2019). Seguidamente, el contenido del frasco se arroja sobre un tamiz para que los ácaros queden en la malla y el azúcar caiga, una vez los ácaros quedan en el tamiz, se pueden enjuagar con solución salina para eliminar las partículas de azúcar, luego se depositan sobre una bandeja o sobre un papel de color claro que tenga papel absorbente para ayudar a los ácaros a secarse y se procede a reconocer y contar la cantidad de ácaros que hay en la bandeja; al finalizar el proceso las abejas intactas son devueltas a la colmena (Bayer, 2019).
- 3- Lavado con alcohol: Esta técnica es invasiva porque las abejas sucumben rápidamente cuando se sumergen en alcohol: se puede usar etanol al 70–75%.
- 4- Lavado con solución jabonosa: Como en el caso de la prueba de lavado con alcohol, esta técnica es invasiva y mata a las abejas durante el proceso. Se pueden utilizar detergentes como jabón para lavar platos. Para evitar demasiada espuma, que dificultaría el recuento

de los ácaros, se recomiendan soluciones de baja concentración, que oscilen entre el 0,2 y el 1% (1 a 5 ml de jabón para lavar platos en 500 ml de agua) (OIE, 2021).

2.2.7.1. Diagnostico diferencial.

La Varroasis debe diferenciarse de la infestación con el piojo de la colmena, conocido científicamente como *Braula coeca*, debido a que existen notables diferencias en la forma del cuerpo y el número de patas.

La *Varroa destructor* tiene cuatro pares de pata y el piojo solamente tres.

El piojo se fija sobre la cara dorsal del tórax de la abeja, mientras que *V. destructor* se adhiere a las esternitas abdominales (placas abdominales ventrales), sobre todo, en infestaciones leves (Pomagualli Chafra, 2017).

2.3. Productos de uso más frecuente para el control de varroasis

2.3.1. 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).

El amitraz es un parasiticida del grupo de la formamidina que posee acción neurotóxica sobre los receptores del SNC de los ectoparásitos, por lo cual, induce un aumento de la actividad neuronal, llevando a la parálisis y posterior desprendimiento de los ácaros, como tal, el producto no mata directamente a los ácaros sino que los paraliza para que se caigan de las abejas y mueran de hambre; se esta manera, las abejas recogen el fármaco de la tira y la distribuyen por interacción social (Bayer, 2019)

Gómez-García y Rodríguez Escobar, 2011 recomiendan la aplicación de 2ml de Amitraz / 750ml de agua para el control de varroa por su bajo costo y por su alta eficiencia en la disminución del % de infestación. Luego de haber realizado un ensayo de 32 días con 5 aplicaciones.

En Perú evaluaron la eficacia de acaricidas sobre *Varroa destructor*, amitraz, con tres tratamientos (ácido oxálico y timol), utilizando 20 colonias de *Apis mellifera*. En base a registros de infestación inicial y final de *Varroa*, se demostró que el cumafós y el timol, con eficacia de 94,85% y 84,68%, respectivamente, fueron los más eficaces, sin diferencias significativas entre ellos, pero sí con respecto al ácido oxálico y amitraz que resultaron menos eficaces con valores de 62,81% y 55,22%, respectivamente. Ningún acaricida ensayado mostró impacto negativo sobre abejas adultas, crías y reserva alimenticia. Además, que ningún acaricida ensayado mostró impacto negativo sobre abejas adultas, crías y reserva alimenticia (Reyes *et al.*, 2020).

2.3.2. Otros métodos químicos

- 1- Acido oxálico: su uso es en solución acuosa o vaporizado. Se recomienda usar en colmenas que no tengan cría, ya que podría quemarlas.
- 2- Acido 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.
- 3- 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 (Ivars, 2017).

2.3.3. Uso de azúcar impalpable

El azúcar en polvo o azúcar impalpable, químicamente constituida por sacarosa, es una sustancia que en apicultura se emplea para elaborar dietas para abejas o para hacer diagnóstico de varroasis en colmenas, aunque también se ha esbozado la posibilidad de su empleo en el control de *V. destructor* cuando se usa en combinación con el denominado piso ecológico (piso con malla) o el piso provisto con una cartulina untada con una sustancia oleosa (López Trujillo, 2021).

Pettis *et al.* (2004), evaluaron el efecto de varios polvos y antibióticos utilizados por apicultores para el control de *V. destructor*, y enfermedades bacterianas en las crías, empleados en combinación con el azúcar en polvo. Los tratamientos consistieron en la aplicación directa de 1 gramo de los distintos polvos, algunos con antibiótico, sobre 100 crías no selladas, en 10 colonias y evaluadas luego de 7 días. Demostrándose una mortandad significativa de larvas para los

tratamientos con antibióticos ó estos combinados con otros polvos, más no con el azúcar en polvo aplicado por sí sola, ya que el azúcar en polvo no es toxica.

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, además no tiene efecto en el número de abejas adultas, número de panales de cría y número de panales de reserva alimenticia por colmena (López Trujillo, 2021).

Gregorc *et al.*, 2017; determinaron que el azúcar en polvo empleado para monitorear la tasa de infestación (%) es efectivo en condiciones favorables de temperatura y humedad (26 °C y 71% HR), siendo poco eficaz en otras condiciones climáticas.

2.3.4. Control físico + acaricida de origen natural u orgánico

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).

Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, los mismos que se extraen de diferentes partes de la planta generalmente por arrastre de vapor, estas son las sustancias responsables del aroma de las plantas (Pomagualli Chaflla, 2017).

La principal desventaja de estos productos es su variabilidad en el grado de eficacia. En algunos lugares y bajo ciertas condiciones ambientales, pueden ser altamente eficaces, mientras que, en otros lugares, bajo otras condiciones, pueden ser medianamente o poco eficaces. Esto se debe a que la mayoría de ellos funciona por evaporación, y la evaporación del producto es altamente dependiente de las condiciones ambientales y del vehículo con el que se apliquen. Por ejemplo, la evaporación de estos acaricidas aumenta a mayor temperatura y menor humedad, pero disminuye a menor temperatura y mayor humedad (SAGARPA, 2011).

El romero (*Rosmarinus officinalis*) es una planta aromática conocida y utilizada desde la antigüedad como condimento y con fines medicinales. Puede medir entre 50 y 150 cm de altura y sus hojas hasta 3 cm de largo y 4 mm de ancho. Las hojas de romero es el lugar donde se concentran los principios activos de la planta y poseen entre 1,0 y 2,5% de aceite esencial, además de diterpenos (terpenos de 20 carbonos), flavonoides y polifenoles. El aceite esencial es el compuesto más estudiado de la planta debido a que los principios bioactivos que lo conforman, tienen importantes propiedades biológicas como lo son su actividad antioxidante, citotóxica y anticancerígena. Este se caracteriza por ser un líquido transparente y muy fluido, con un olor y sabor penetrante, aromático y alcanforado. Su composición aproximada es 21,9% piperitona, 14,9% α - pineno, 14,9% linalool (Vélez Mendoza, *et al.*, 2019).

Los aceites esenciales al contrario de los ácidos orgánicos se acumulan en la miel y en la cera y posteriormente se evaporan, pero estos residuos son muy pequeños y no son importantes desde un punto de vista toxicológico (Pomagualli Chafra, 2017).

Sabahi, *et al.*,(2017), determinó la eficacia varroicida de tres compuestos naturales entregados a las colmenas con tres métodos de aplicación durante un período de 4 semanas. Los tratamientos formados fueron los siguientes: T1 ácido oxálico en solución sacarosa impregnada en cartón, T2 mezcla de aceites de orégano y clavo en una solución de etanol-gelatina impregnada en compresas absorbentes, T3 aceite de orégano administrado mediante vaporizador eléctrico; para probar la hipótesis de que la liberación continua de acaricidas aumenta la eficacia varroicida de los aceites esenciales. Las tasas de control de ácaros *V. destructor* para los tratamientos T1, T2 y T3 fueron 76.5 ± 7.11 , 57.8 ± 12.79 y 97.4 ± 0.68 %, respectivamente, y no hubo diferencias para la mortalidad de abejas entre el control y los tratamientos 1 y 3. Además, la mayoría de los ácaros fueron controlados en las primeras 2 semanas en las colonias T3 en comparación con las últimas 2 semanas en las colonias de los otros tratamientos.

Al implementar una trampa en la piquera, el crecimiento de la población de *V. destructor* en una colmena es sin reinfestaciones. Es decir que, al comparar dos tratamientos desde febrero, uno que permita reinfestaciones y uno con trampa en piquera que no permita reinfestaciones; suponiendo que desde el inicio del tratamiento de la temporada quedaban 10 ácaros en la colmena al final de la temporada el número de ácaros será de 1280. Mientras que en el tratamiento sin trampa en piquera tuvo dos reinfestaciones de 50 ácaros cada una, una en abril y otra en junio y al final de la temporada habrá 3280 ácaros (Zerovarroa, s.f).

3. Materiales y Métodos.

3.1. 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. (Figura A-4) 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 *et al.* 2005).

3.1.1. 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 (Figura A-6, A-7, A-8 y A-9). 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 (Figura A-10), 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 (Figura A-11) y rótulo principal para identificar la investigación (Figura A-12). 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.

3.2. Metodología de campo

3.2.1. Materiales y herramientas

Materiales

Se utilizo para determinar niveles de infestación: frasco de vidrio, tela zaranda, galvanizada, bolsas plásticas transparentes, tijeras, cuaderno, lapiceros y vinyl para la tabla cuadrículada.

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.

3.2.2 Ubicación de colmenas

Las colmenas se ubicaron en la Estación Experimental y de Prácticas a 17 metros al oeste de la conejera (Figura A-5) 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 (Figura A-13); 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.

3.2.3. 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.

3.2.4. Formulación de tratamientos

3.2.4.1. Testigo T0

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

3.2.4.2. 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* (Figuras A-14 y A-15). En el resto de la piquera se colocó papel periódico para limitar el acceso y obligar que las abejas ingresaran a la trampa. En la parte de debajo de la trampa se añadió una pequeña bandeja que se engrasó con vaselina para capturas de *V. destructor* y prevenir que subieran nuevamente.

3.2.4.3. 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.

3.2.4.4. Amitraz T3

Se tomó la recomendación de aplicación de dilución de 2ml de amitraz / 750ml de agua mediante la ayuda de un atomizador (García 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 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formulación de los tratamientos

Tratamientos	Formulación
T0	Tratamiento control (No se le aplicará ningún producto a las colmenas)
T1	Control físico con 4ml de aceite esencial de romero + 4ml de alcohol
T2	Azúcar impalpable 50 g.
T3	Amitraz 2ml/ 750ml de agua

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron en las siguientes fechas:

27 de agosto de 2022 (primera aplicación), 1 de septiembre de 2022 (segunda aplicación), 8 de septiembre de 2022 (tercera aplicación) y 15 de septiembre de 2022 (cuarta aplicación), cabe aclarar que, para este punto, la miel se usó para la misma alimentación de la colonia. Durante el proceso de estudio no se cosechó, por el riesgo de productos nocivos a la salud humana, ya que no habían transcurrido los 60 días recomendados.

3.2.5. 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 alimento 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 (Figura A-16).

3.2.6. 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:

3.2.6.1. 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.

3.2.6.2. 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.

3.2.6.3. 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 impida el paso de estas mismas, pero que permite la salida de ácaros *V. destructor* y azúcar (Figura A-17).

3.2.6.4. 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 (Figura A-18).

3.2.6.5. 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 (Figuras A-19 y A-20).

3.2.6.6. Conteo de ácaros

El azúcar que quedó al fondo del frasco se vertía en una bolsa transparente para conteo de ácaros (Figura A-21). 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 (Figura A-22).

3.3. Metodología estadística

3.3.1. 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.

3.3.2. Modelo estadístico

Modelo estadístico del diseño en bloques completos al azar y análisis de varianza (Cuadro 3):

Formula: $Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$

Y_{ij} =variable de respuesta.

U= promedio general.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j =efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} = error experimental asociado a la i-j ésima unidad experimental

Se aplicó el análisis de varianza del diseño de bloques completos al azar a los datos de las variables porcentaje de infestación, porcentaje de infestación promedio y eficacia de los tratamientos, utilizando el programa Infostat versión 2020; 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).

Cuadro 3. Análisis de varianza

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Numero de grados de libertad
Tratamientos	SC_{TRAT}	k-1	3
Bloques	SC_B	b-1	4
Error	SC_E	(k-1)(b-1)	12
Total	SC_T	Kb-1	19

(Gutiérrez y Vara, 2012)

3.4. Variables a evaluar

3.4.1. 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).

3.4.2. Variables dependientes

3.4.2.1. 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

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

3.4.2.3. 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 que 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 cuadro 4.

Cuadro 4. 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).

3.4.2.4. 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 mas de 50% de unidades experimentales.

3.4.2.5. 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 contabilizo todas las abejas muertas por aplicación de tratamientos, con la ayuda del fondo cuadrículado que se colocó en las colmenas.

3.4.2.6. 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 Chafla, 2017).

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

3.5. Metodología Socio-económica y ambiental.

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.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. 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 (Cuadros A-1, A-3, Figuras 1 y A-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 4; 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 4; 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 (Martínez Puc *et al.* 2011).

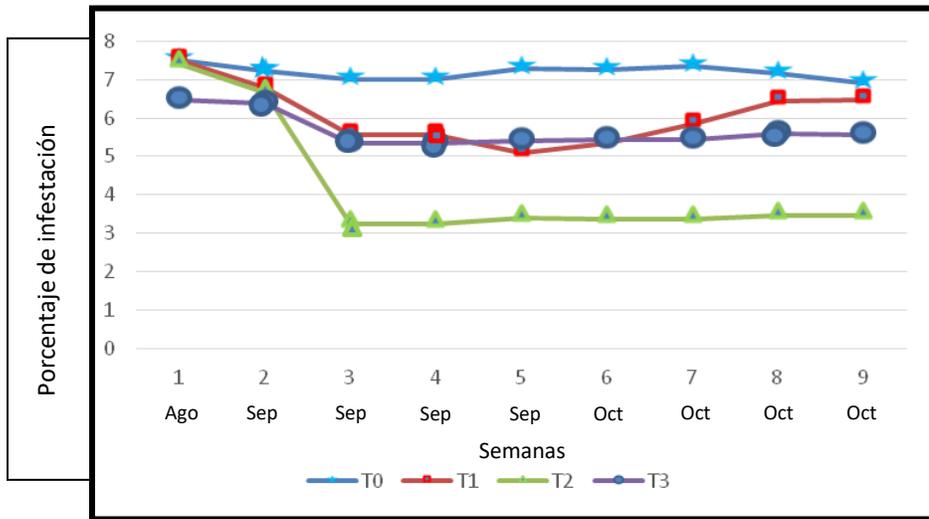


Figura 1. Porcentaje de infestación de *V. destructor* del periodo 1 (semana 1-9).

4.2. 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 (Cuadro A-2, A-4 y Figuras 2 y A-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 4; 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.

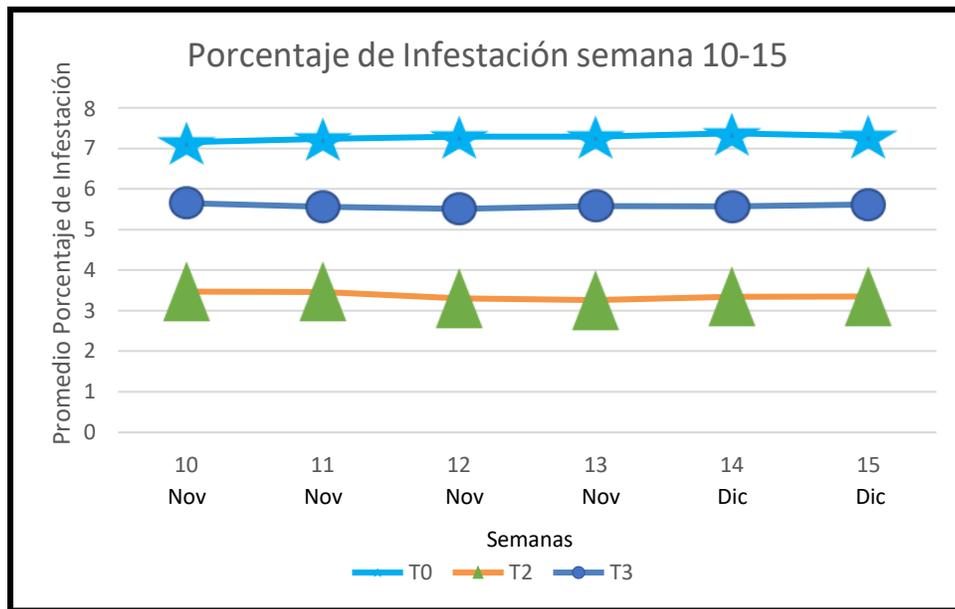


Figura 2. Porcentaje de infestación de *V. destructor* del periodo 2, (semana 10-15)

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 (Figura A-23), Guzmán García (2011) 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; una por 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%.

4.3. Porcentaje de infestación promedio

Los tratamientos presentaron estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el número promedio de *Varroa destructor* durante las semanas de 1-15 (Cuadro A-5 y Cuadro A-6). 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 (Cuadro A-6). No se incluyó el T1 por evasión en más del 50% de las unidades experimentales (Figura A-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 trampas 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.

4.4. Numero de abejas muertas por tratamiento.

Al final de las semanas de aplicación de los tratamientos, se extrajo el fondo cuadrulado 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 mas 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.

4.5. 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%. (Cuadros 5, A-7, A-8, A-9 y Figura 3). 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 5. 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

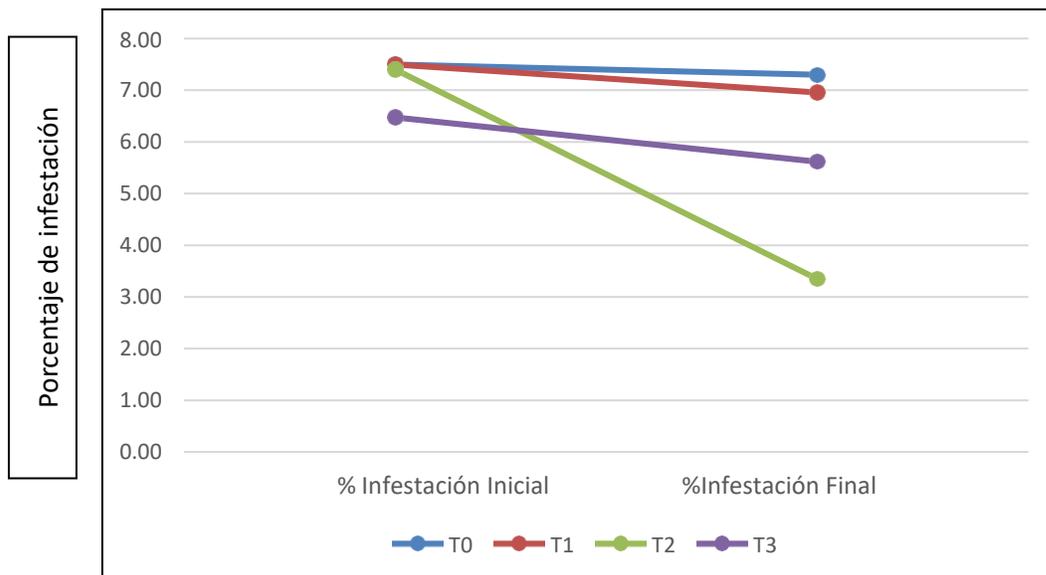


Figura 3. Comportamiento de la eficacia de los tratamientos, tomando en cuenta el porcentaje de infestación inicial (semana 1) y el porcentaje de infestación final (semana 15).

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.

4.6. 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 (Cuadro A-10); así también se calculó la inversión por semana y por día de tratamiento (Cuadro A-11).

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) (Cuadro A-11) (Figura 4).

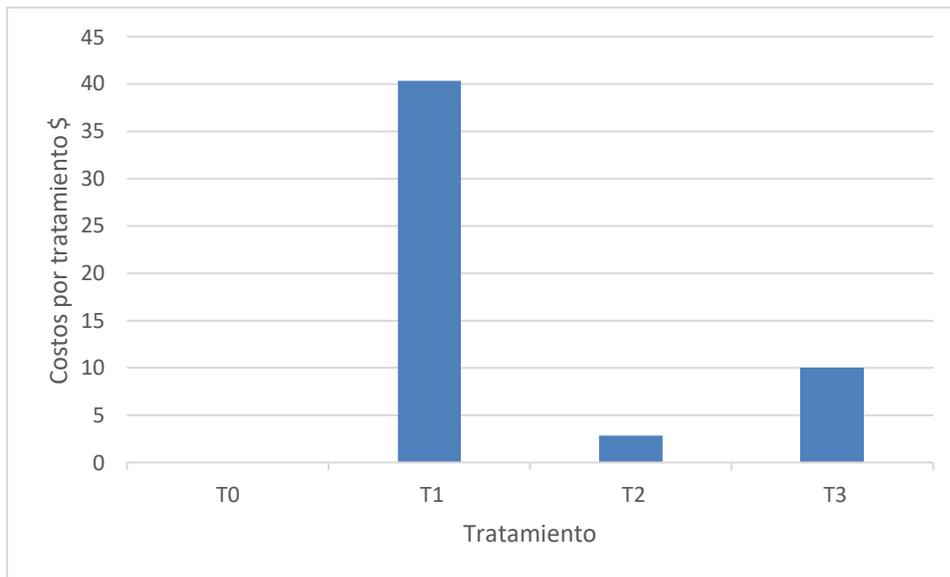


Figura 4. Comparación económica de los tratamientos durante las 4 semanas.

5. 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.

6. 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.

7. 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](https://doi.org/10.1023/A:1006456720416)
- Anderson, DL; Trueman JH. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) es más que una Especie; Acorologia Experimental y Aplicada (en línea). Buenos Aires. Argentina. p.5, 9,12. Consultado 21 de jun. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11108385/>
- Arctos (Solución de gestión de colección colaborativa) 2020. Detalles de la taxonomía de *Varroa destructor* (en línea), Consultado 23 de jun. De 2022. Disponible en: <https://arctos.database.museum/name/Varroa%20destructor>
- Argüello Nájera O. 2010. Guía práctica sobre manejo técnico de colmenas, (en línea), Managua, Nicaragua. Consultado 23 de jun. 2022, Disponible en <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8805/1/manejocolmenas.pdf>
- Bayer. 2019 A deadly honey bee parasite The *Varroa* Mite. Obtenido de Bee Care: (en línea), Consultado 25 de jun. de 2022. Disponible en https://beecare.bayer.com/bilder/upload/dynamicContentFull/Publications/The_VarroaMitejptfvOri.pdf
- 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>
- Calderón, R; Van Veen, J; Sommeijer, M. 2009. Reproductive biology of *Varroa destructor* in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). Experimental and Applied Acarology, (en línea). 281- 297p. Consultado el 22 de jun. 2023. Disponible en DOI: [10.1007/s10493-009-9325-4](https://doi.org/10.1007/s10493-009-9325-4)
- Chura J.; Martos. A.; Reyes F.; Vargas. J. 2019, Eficacia de cuatro acaricidas sobre el acaro *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

- Clemente, I. 1991. Biología de las abejas de la miel. Serie Apicultura cuadernos de agroindustria Rural 10-13p. (en línea). Consultado 10 de mayo 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12356/BVE20107904e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Guzman, L; Williams, G; Khongphinitbunjong, K; Chantawannakul, P. 2017. Ecology, Life History, and Management of Tropiclaelaps Mites. Journal of Economic Entomology 319-332p. (en línea). Consultado 23 de jun. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28334185/>
- 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>
- Evans, J; Cook, S. 2018. Genetics and physiology of *Varroa* mites. Genetics and physiology of *Varroa* mites. Current Opinion in Insect Science, (en línea) 130-135. Consultado el 22 de jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.005>
- Fooz B. 2018. Problemática de las abejas, El *Varroa* spp. (en línea) España. Consultado 22 de jun. 2022. Disponible en: http://apiads.es/wp-content/uploads/2019/12/2017_quiacontrolvarroosisparaapicultores_tcm.pdf
- Franco, A. 2009. Evaluación de tres productos naturales para el control alternativo del ácaro *varroa* (*Varroa destructor* Anderson y Truman) en colmenas de abejas (*Apis mellifera* L.) usando gel como sustrato portador. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). (en línea). Universidad de San Carlos De Guatemala. Guatemala. Consultado el 22 de jun. 2022. Disponible en: <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IIICA-CRIA%202020/10%20MIEL/Prod%20Nat%20varroas-CUNOC-Erick%20L%C3%B3pez/Prod%20nat%20varroas-CUNOC-E%20L%C3%B3pez.pdf>
- 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/>

- Gregorc, A; Knight, P.R; Adamczyk, J. 2017. Powdered sugar shake to monitor and oxalic acid treatments to control varroa mites (*Varroa destructor* Anderson and Trueman) in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Journal of Apicultural Research, 56(1), 71-75 doi: <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1278912>
- Gutiérrez, PH; Vara, SRDL, 2012. Análisis y diseño de experimentos (3a. ed.) (en línea), Consultado 12 de mayo de 2023. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com.ezproxy.bibliotecacecest.mx>
- 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/>
- Guzmán, E., Correa, A., Espinosa, L.; Guzmán, G., 2011. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*, 42(2), 149-178. Recuperado en 11 de mayo de 2023, Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922011000200005&lng=es&tlng=es.
- 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>
- IRACH (Inversiones de la Red Apícola de Chile). 2016. Método para determinar los niveles de varroa en terrero (en línea). Chile. Consultado 29 de jun. de 2022, Disponible en: <https://teca.apps.fao.org/teca/pt/technologies/8663>
- 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
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2022. Una miel de buena calidad y de exportación resulta de los monitoreos constantes y de las buenas prácticas apícolas (en línea). Consultado 22 de jun. 2022, Disponible en: <https://www.mag.gob.sv/2022/04/30/una-miel-de-buena-calidad-y-de-exportacion-resulta-de-los-monitoreos-constantes-y-de-las-buenas-practicas-apicolas/>

- Maggi, M. 2010. Biología, ecología y control de *Varroa destructor*. Anderson y Trueman. 2000 (en línea). Buenos Aires, Argentina: Laboratorio de Artrópodos, Universidad Nacional de Mar del Plata. Consultado el 20 de jun. 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/255484489_Biologia_ecologia_y_control_de_Varroa_destructor_Anderson_Trueman_2000
- 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). Tesis Ing. 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 de capacitación. 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>
- Paco, A. 2018. Evaluación del comportamiento higiénico de la abeja melífera, (*Apis mellifera* L.), en el apiario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Escuela profesional de Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Chumbivilcas. (en línea). Perú. 85 pp. Consultado 29 de jun. de 2022. Disponible en: http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4202/253T20180373_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pettis, J.S., Kochansky, J. Feldlaufer, M.F. 2004. Mortalidad de larvas de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) después de la aplicación tópica de antibióticos y polvos. Revista de entomología económica, (en línea). 97 (2), 171-176. Consultado el 22 de jun. 2023. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.171>

- Polaino, C. 2007. Manual Práctico del Apicultor (en línea). Editorial MMVI. Madrid - España. pp. 393. Consultado el 23 de jun. 2022. Disponible en: https://www.mioldemalaga.com/data/manual_basico_apicultura.mex.pdf
- Pomagualli Chafra 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>
- Reyes, F.; Vargas, J.; Martos, A; Chura, J. (2020). Eficacia de cuatro acaricidas sobre el ácaro *Varroa destructor*. Anales Científicos, 81(1), 229–242. <https://doi.org/10.21704/ac.v81i1.1633>
- 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/>
- Roberts, J; Anderson, D; Tay, W. 2015. Múltiples cambios de hospedador por el parásito emergente de la abeja melífera, *Varroa jacobsoni*. Molecular Ecology (en línea). 24(1), 2379-2391p. Consultado el 22 de jun. 2021. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9002/>
- Rosales, C. 2007. Comportamiento higiénico en abejas melíferas (*Apis mellifera*) en Zacatecas (en línea). Revista de investigación científica. Vol. 3. 2 p. Consultado 20 de jun. 2021. Disponible en: <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/900/1/Comportamiento%20higienico%20-%20Medina.pdf>
- 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.
- Sabahi, Q; Gashout, H.; Kelly, P (2017). La liberación continua de aceite de orégano controla de manera efectiva y segura las infestaciones por *Varroa destructor* en las colonias de abejas melíferas en un clima del norte. Recuperado el 2 de enero del 2017 de <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0157-3>

- 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>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. S.f. Manual Básico de Apícola, (en línea). Consultado el 10 de mayo de 2023. Disponible en: [manbasic.doc \(mieldealaga.com\)](http://mieldealaga.com/manbasic.doc)
- 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>
- Silva Hernández J. R. 2015, Manual de prácticas de apicultura I, (en línea), México, Consultado 27 de jun. 2022, Disponible en: <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/4-Manual-de-practicas-de-apicultura-I.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-por-popularidad/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>
- Vásquez, R., Tello, J; Martínez, R. 2000. El control de la Varroasis: manejo genético como alternativa (en línea). Bogotá: CORPOICA. Consultado el 22 de jun. 2022. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17068>

Vélez Mendoza B. S; Pita Meza M. N; Moreira Mendoza K. E; Pin Mera D. E; Oyervide Vargas A. M.; Riera M. A. 2019. Obtención de aceite esencial de romero con fines cosméticos (en línea). Ecuador. Consultado 27 de jun. de 2022, Disponible en: <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2170>

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-Espagne-2020.pdf>

Zerovarroa, s.f, Zerovarroa la trampa que mata a las piqueras, (en línea). Consultado 29 de jun. de 2022. Disponible en: <https://zerovarroa.com/>

8. ANEXOS

Cuadro A-1. Promedios de porcentaje de infestación del periodo 1 (semana 1-9).

Semana	% de infestación T0 (S/A)	% de infestación T1 (Control físico. Aceite esencial de Romero)	% de infestación T2 (Azúcar impalpable)	% de infestación T3 (Amitraz 2ml)
1	7.50	7.50	7.40	6.47
2	7.21	6.80	6.65	6.38
3	6.99	5.55	3.24	5.34
4	6.99	5.55	3.24	5.34
5	7.28	5.10	3.40	5.42
6	7.25	5.35	3.37	5.45
7	7.35	5.84	3.38	5.45
8	7.17	6.43	3.45	5.59
9	6.90	6.47	3.46	5.57
Promedio	7.18	6.07	4.18	5.67
Desviación estándar	0.19	0.78	1.63	0.44

Cuadro A-2. Promedios de porcentaje de infestación del periodo 2 (semana 10-15).

Semana	% de infestación T0 (S/A)	% de infestación T2 (Azúcar impalpable)	% de infestación T3 (Amitraz 2ml)
10	7.15	3.47	5.65
11	7.23	3.46	5.56
12	7.29	3.30	5.51
13	7.29	3.26	5.58
14	7.37	3.34	5.57
15	7.30	3.35	5.62
Promedio	7.27	3.36	5.58
Desviación estándar	0.07	0.09	0.05

Cuadro A-3. Prueba de tukey para porcentaje de infestación del periodo 1 (semana 1-9)

Tratamiento	S1*±DE	S2*±DE	S3*±DE	S4*±DE	S5*±DE	S6*±DE	S7*±DE	S8*±DE	S9*±DE
T0	7.50±2.83 ^a	7.21±2.55 ^a	6.12±2.31 ^a	6.99±1.94 ^b	7.28±2.74 ^b	7.25±2.76 ^b	7.35±2.86 ^b	7.17±3.20 ^b	6.90±2.92 ^b
T1	7.50±2.83 ^a	6.80±1.79 ^a	5.96±1.61 ^a	5.55±1.62 ^b	5.10±1.99 ^{ab}	5.35±2.18 ^{ab}	5.84±1.89 ^{ab}	6.43±1.61 ^{ab}	6.47±1.62 ^b
T2	7.40±2.22 ^a	6.65±1.84 ^a	6.01±1.36 ^a	3.24±0.35 ^a	3.40±0.44 ^a	3.37±0.58 ^a	3.38±0.51 ^a	3.45±0.33 ^a	3.46±0.43 ^a
T3	6.47±1.91 ^a	6.38±2.19 ^a	5.97±2.30 ^a	5.34±1.90 ^b	5.42±1.98 ^{ab}	5.45±2.0 ^{ab}	5.45±1.92 ^{ab}	5.59±1.98 ^{ab}	5.57±1.93 ^{ab}

S1 hasta S9 = medias obtenidas del porcentaje de infestación de semana 1 a la 9.

DE= Desviación Estándar.

*Tratamiento seguido de letras iguales no son significativamente diferentes (p>0.05).

*Los porcentajes de infestación resultaron del promedio de las 5 repeticiones por tratamiento.

Cuadro A-4. Prueba de tukey para porcentaje de infestación del periodo 2 (semana 10-15)

Tratamiento	S10*±DE	S11*±DE	S12*±DE	S13*±DE	S14*±DE	S15*±DE
T0	7.15±2.60 ^b	7.23±2.81 ^b	7.29±2.75 ^b	7.29±2.64 ^b	7.37±2.74 ^b	7.30±2.77 ^b
T1	7.05±1.63 ^b	6.65±2.31 ^{ab}	6.76±2.01 ^b	6.94±1.67 ^b	6.93±1.81 ^b	6.96±1.75 ^b
T2	3.47±0.39 ^a	3.46±0.35 ^a	3.30±0.37 ^a	3.26±0.36 ^a	3.34±0.33 ^a	3.35±0.35 ^a
T3	5.65±2.0 ^{ab}	5.56±1.80 ^{ab}	5.51±1.76 ^{ab}	5.58±1.74 ^{ab}	5.57±1.69 ^{ab}	5.62±1.68 ^{ab}

S10 hasta S15 = medias obtenidas del porcentaje de infestación de semana 10 a la 15.

DE= Desviación Estándar.

*Tratamiento seguido de letras iguales no son significativamente diferentes (p>0.05).

*Los porcentajes de infestación resultaron del promedio de las 5 repeticiones por tratamiento, mientras que el T1 se hizo con dos repeticiones.

Cuadro A-5. Porcentaje de infestación promedio por tratamiento (semana 1-15)

Bloque	T0	T2	T3
1	4.75	3.52	3.55
2	6.24	3.57	4.59
3	4.99	3.85	5.07
4	10.16	4.40	8.31
5	9.99	4.84	6.86
Promedio	7.23	4.04	5.68
Desviación Estándar	2.66	0.57	1.90

Cuadro A-6. Prueba de Tukey para porcentaje promedio de infestación (semana 1-15)

Tratamiento	Media	Comparación
T0	7.23	b
T2	4.04	a
T3	5.68	ab

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes Tukey p>0.05.

Cuadro A-7. Resumen de análisis de varianza

Variabes	Media	GI-T	GI-B	GI-E	Coefficiente de variación	p-valor
Porcentaje de infestación sem. 1	7.22	3	4	12	32.10	0.3413
Porcentaje de infestación sem. 2	6.76	3	4	12	29.06	0.7794
Porcentaje de infestación sem. 3	6.26	3	4	12	29.54	0.3801
Porcentaje de infestación sem. 4	5.28	3	4	12	37.92	0.0006
Porcentaje de infestación sem. 5	5.30	3	4	12	43.35	0.0019
Porcentaje de infestación sem. 6	5.35	3	4	11	44.02	0.0035
Porcentaje de infestación sem. 7	5.49	3	4	11	42.82	0.0042
Porcentaje de infestación sem. 8	5.57	3	4	10	43.47	0.0161
Porcentaje de infestación sem. 9	5.50	3	4	10	41.50	0.0131
Porcentaje de infestación sem. 10	5.62	3	4	9	41.05	0.0110
Porcentaje de infestación sem. 11	5.56	3	4	9	42.33	0.0188
Porcentaje de infestación sem. 12	5.53	3	4	9	43.03	0.0092
Porcentaje de infestación sem. 13	5.56	3	4	9	42.31	0.0055
Porcentaje de infestación sem. 14	5.61	3	4	9	42.31	0.0087
Porcentaje de infestación sem. 15	5.60	3	4	9	42.13	0.0104
Porcentaje promedio de infestación	5.84	3	4	12	37.48	0.0020
Eficacia de los tratamientos	22.16	2	4	8	50.46	0.0003

Cuadro A-8. Eficacia de los tratamientos de estudio

Tratamientos	Bloque	Eficacia	Eficacia +10	Log_Eficacia10
0	1	-5.25	4.75	0.68
0	2	10.66	20.66	1.32
0	3	3.82	13.82	1.14
0	4	2.67	12.67	1.10
0	5	-0.20	9.80	0.99
2	1	57.61	67.61	1.83
2	2	44.56	54.56	1.74
2	3	31.78	41.78	1.62
2	4	59.30	69.30	1.84
2	5	66.35	76.35	1.88
3	1	-0.54	9.46	0.98
3	2	22.24	32.24	1.51
3	3	13.83	23.83	1.38
3	4	1.93	11.93	1.08
3	5	23.64	33.64	1.53

Los datos fueron transformados para poder aplicar prueba de tukey.

Cuadro A-9. Prueba de Tukey para la variable eficacia de los tratamientos

Tratamiento	Media	Comparación
0	1.05	b
2	1.78	a
3	1.29	b

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes Tukey $p > 0.05$.

Cuadro A-10. Costos totales por tratamiento.

	Material	Unidad	Cantidad	Costo (USD)	Total (USD)
T1	Papel cascarón	Pliego	5	5.80	29.00
	Espuma floral	Pieza	5	2.25	11.25
	Brochas de 12.7 cm	Brocha	5	1.20	6.00
	Malla zaranda 10cmx10cm	Metro	2	4.95	9.90
	Cincha plástica 10.1cm	Cincha	30	0.03	0.90
	Barra silicón 20cm x 11.2mm	Barras	15	0.25	3.75
	Tirro	Rollo	2	4.50	9.00
	Jeringas de 5ml	Jeringa	2	0.30	0.60
	Cinta adhesiva roja	Rollo	3	1.75	5.25
	Aceite esencial de romero 30ml	Frasco	3	12.95	38.85
	Alcohol 120ml	Frasco	1	1.50	1.50
TOTAL					116.00
T2	Balanza digital	Balanza	1	25.00	25.00
	Colador	Colador	1	1.25	1.25
	Azúcar impalpable kg	Kilogramo	3	0.95	2.85
TOTAL					29.10
T3	Probeta plástica 1000ml	Probeta	1	28.50	28.50
	Atomizador	Atomizador	1	2.00	2.00
	Amitraz 33ml	Frasco	2	5.00	10.00
TOTAL					40.50

Cuadro A-11. Costos por aplicación de tratamiento

Tratamiento	Costo de todas las repeticiones y por 4 semanas (USD) (tomando en cuenta solo los consumibles)	Costo promedio día (USD) (tomando en cuenta las 5 repeticiones por día de tratamiento)
1	40.35	2.01
2	2.85	0.14
3	10.00	0.50

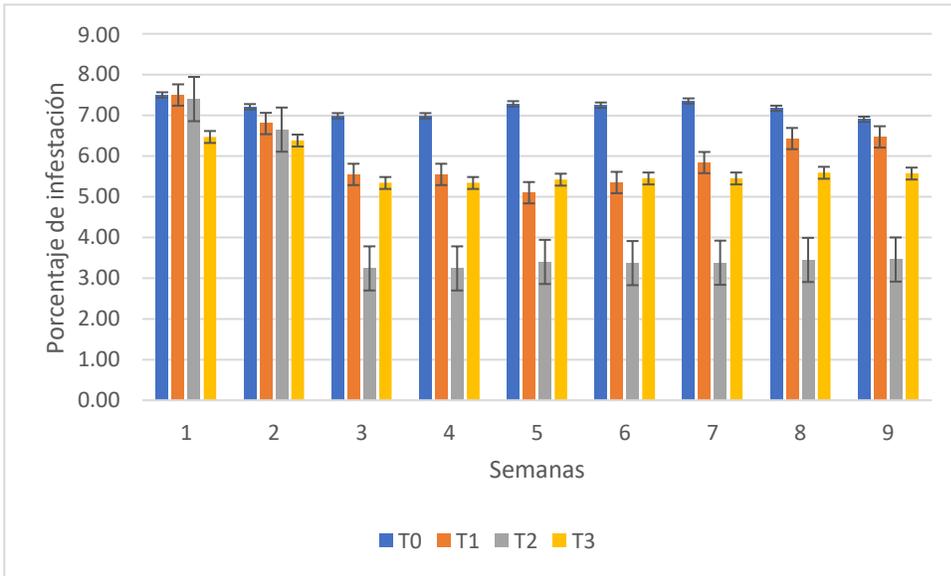


Figura A-1. Porcentaje de infestacion con desviación estándar del periodo 1 (semana 1 a la 9).

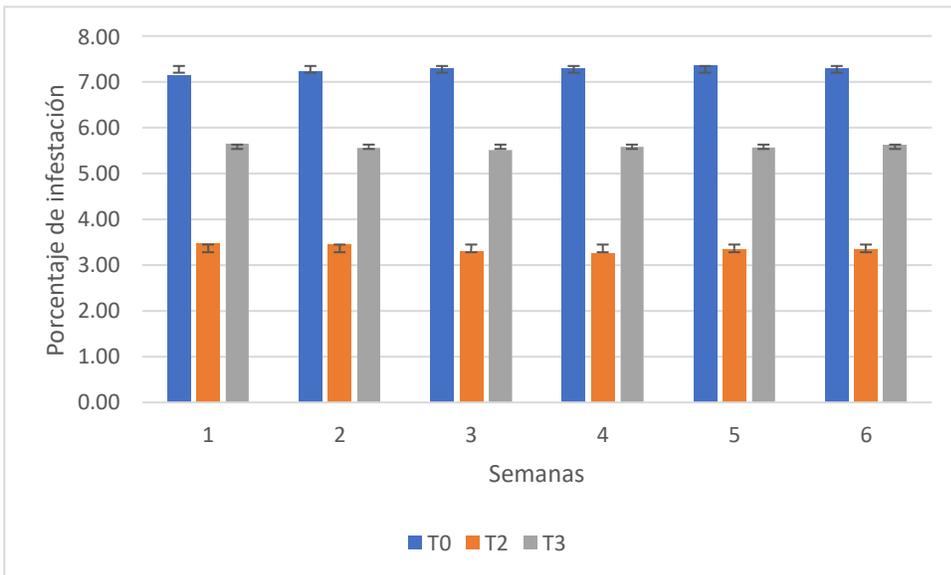


Figura A-2. Porcentaje de infestacion con desviación estándar del periodo 2 (semana 10 a la 15).

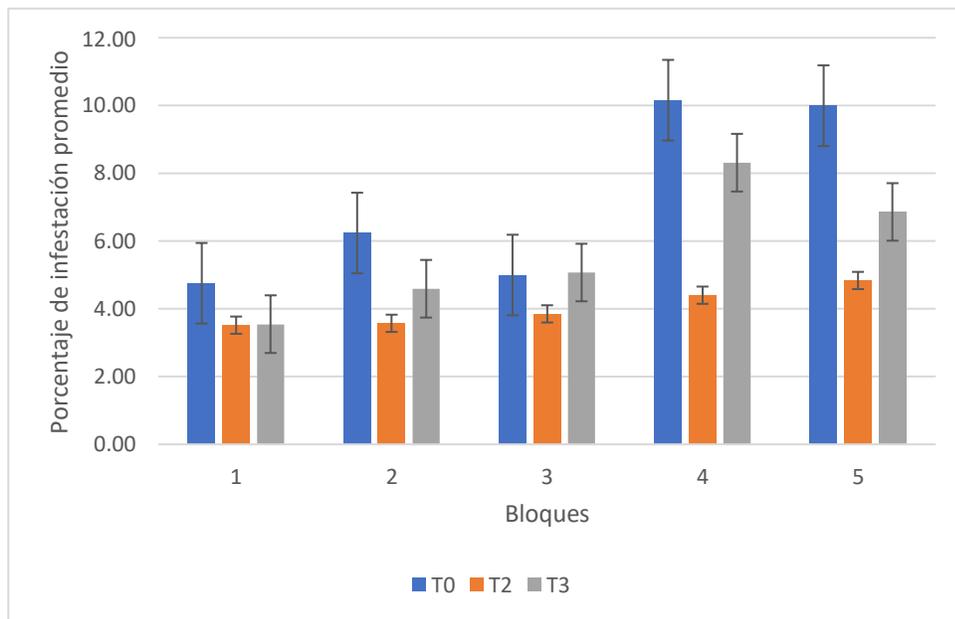


Figura A-3. Porcentaje de infestacion promedio con desviación estándar

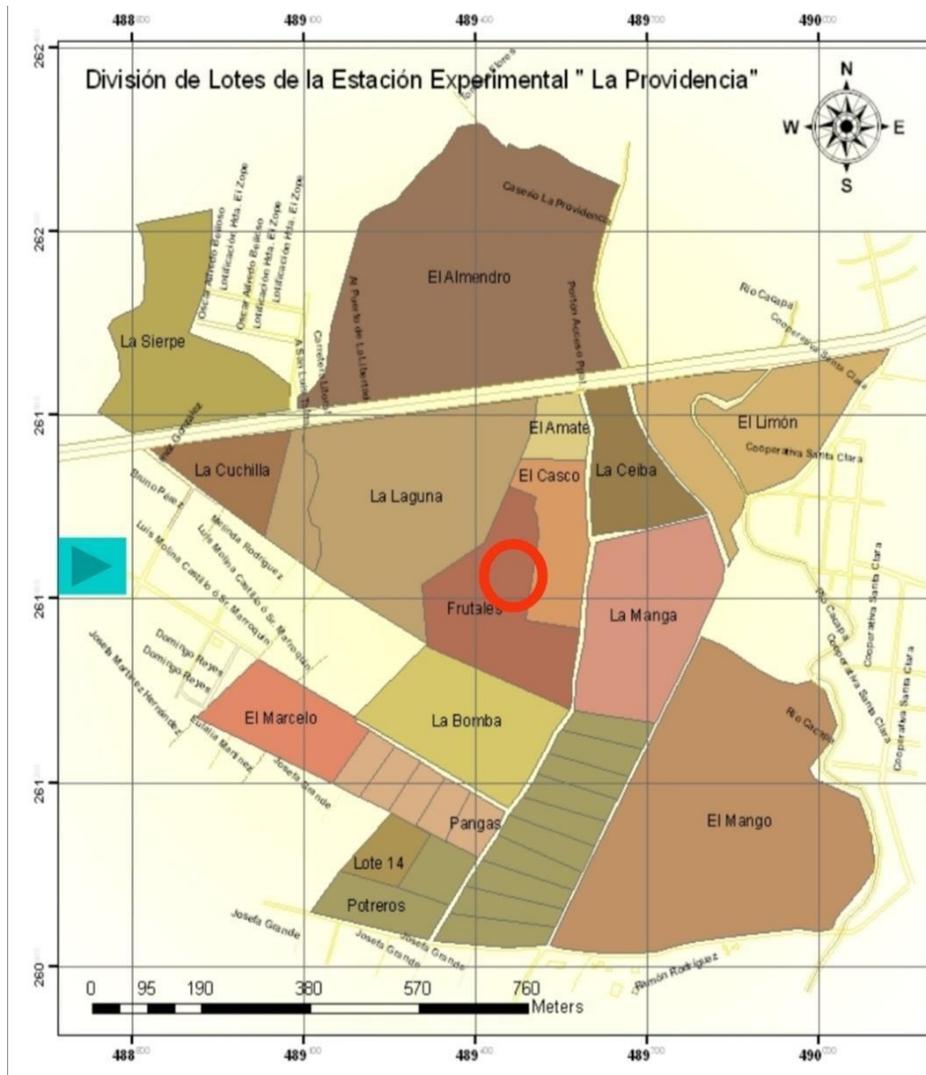


Figura A-4. Mapa geográfico de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador (Martínez *et al.* 2005).



Figura A-5 Mapa satelital Estación Experimental y de Prácticas. Muestra distancia desde conejera a ubicación de colmenas.



Figura A-6 Preparación de colmenas para su posterior traslado



Figura A-7 Colocación de bloqueo en la piquera para el traslado de la colmena.



Figura A-8 Traslado de colmenas.



Figura A-9 Traslado de colmenas a zona libre de árboles y zona más retirada de personas. y con restricción por medio de un cerco al acceso de personas



Figura A-10 Preparación de trampas para piqueras



Figura A-11 Rotulación de tratamientos



Figura A-12 Rotulo con tema de investigación.



Figura A-13. Separación entre colmenas y entre hileras.

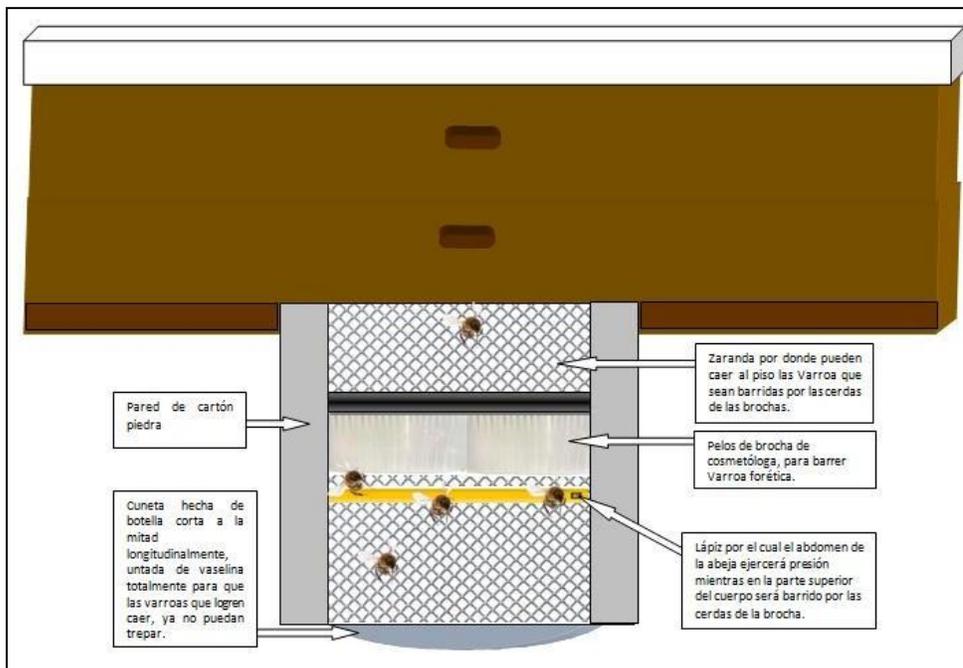


Figura A-14. Esquema de la estructura de la trampa (vista de planta).



Figura A-15. Estructura y ubicación de la trampa.



Figura A-16. Preparación del jarabe



Figura A-17. Tapa modificada con tela zaranda y Vaso de zaranda



Figura A-18. Frasco con abejas colectadas de muestra reposando por 3 minutos luego de batir.



Figura A-19. Cuadrícula blanca que permite un mejor conteo de abejas



Figura A-20. Conteo de abejas.



Figura A-21. Varroas colectadas luego de un muestreo



Figura A-22. Fondo cuadrulado colocado dentro de las colmenas. Muestra abeja muerta por aplastamiento.



Figura A-23: Evasión en colmena donde fue aplicado T1 (aceite esencial de romero más control).