



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“ACARICIDAS SINTÉTICOS Y NATURALES PARA EL CONTROL DE
VARROA DESTRUCTOR EN COLMENAS *Apis mellifera*”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

CHRISTIAN JAVIER POMAGUALLI CHAFLA

RIOBAMBA - ECUADOR

2017

Este Trabajo de Titulación fue aprobado por el siguiente tribunal.



Dr. Álex Arturo Villafuerte Gavilanez.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. M. C. Hermenegildo Díaz Berrones
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Julio César Benavides Lara
ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Riobamba 20 de noviembre 2017

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **CHRISTIAN JAVIER POMAGUALLI CHAFLA**, con cédula de identidad número 060471363-6, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.


CHRISTIAN POMAGUALLI
0604713636

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a la Carrera de Ingeniería Zootécnica perteneciente a la facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de desarrollarme personal y profesionalmente.

Al Ingeniero Hermenegildo Díaz e Ingeniero Julio Benavides, por su paciencia, apoyo y por su contribución generosa y dedicada para la realización adecuada de la investigación científica hasta culminar con el presente informe y permitirme cumplir con mi meta.

Por ultimo agradezco a mis familiares, amigos por esos momentos buenos y malos compartidos durante este periodo académico.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Hugo y Olga, por los consejos y el apoyo incondicional demostrado durante toda mi vida estudiantil, por ser un ejemplo de lucha y perseverancia y demostrar su gran afán de tener a todos sus hijos profesionales y que se hayan formado como personas de bien.

A mis hermanos por ser un ejemplo a seguir y de nunca rendirse ante los obstáculos.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| Resumen | v |
| Abstract | vi |
| Lista de Cuadros | vii |
| Lista de Gráficos | viii |
| Lista de Anexos | ix |
| | |
| I. <u>INTRODUCCIÓN.</u> | 1 |
| II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA.</u> | 3 |
| A. LAS ABEJAS. | 3 |
| 1. <u>Origen de las Abejas.</u> | 3 |
| 2. <u>Generalidades de las Abejas.</u> | 3 |
| a. La reina. | 3 |
| b. Las obreras. | 4 |
| c. Los zánganos. | 5 |
| B. VARROASIS. | 5 |
| 1. <u>Origen y distribución.</u> | 5 |
| 2. <u>Etiología.</u> | 6 |
| 3. <u>Ciclo biológico del acaro varroa.</u> | 7 |
| a. Entrada de la varroa adulta en la cría. | 7 |
| b. Postura de la varroa adulta. | 7 |
| c. Salida y diseminación de la varroa. | 9 |
| 4. <u>Fases de la Varroasis.</u> | 10 |
| 5. <u>Efectos de la varroasis sobre la cría de abejas y abejas adultas.</u> | 11 |
| 6. <u>Signos clínicos.</u> | 11 |
| 7. <u>Diagnostico.</u> | 12 |
| a. Diagnostico en la cría. | 12 |
| b. Diagnostico en las abejas adultas. | 13 |
| c. Diagnóstico de piso. | 13 |
| d. Diagnóstico diferencial. | 14 |
| 8. <u>Dinámica poblacional.</u> | 14 |
| 9. <u>Tratamiento.</u> | 15 |
| C. PRODUCTOS EN ESTUDIO. | 16 |

| | |
|---|----|
| 1. <u>Ácido Oxálico.</u> | 16 |
| a. Formas de aplicación. | 17 |
| b. Modo de acción del ácido oxálico sobre las varroas. | 18 |
| c. Efectos negativos del ácido oxálico en las abejas. | 18 |
| d. Investigaciones en el control de Varroa a base de ácido oxálico. | 19 |
| 2. <u>Aceite esencial de Romero.</u> | 20 |
| a. Modo de acción de los aceites esenciales sobre la varroa. | 21 |
| b. Efectos adversos de los aceites esenciales en la colmena. | 22 |
| c. Uso del aceite esencial de romero. | 22 |
| d. Investigación en el control de Varroa con aceites esénciales. | 24 |
| 3. <u>Diatomita.</u> | 26 |
| a. Usos de la diatomita. | 27 |
| b. Modo de acción. | 29 |
| III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS.</u> | 31 |
| A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO. | 31 |
| B. UNIDADES EXPERIMENTALES. | 31 |
| C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES. | 31 |
| 1. <u>Materiales.</u> | 31 |
| 2. <u>Equipos.</u> | 32 |
| 3. <u>Instalaciones.</u> | 32 |
| D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL. | 32 |
| E. MEDICIONES EXPERIMENTALES. | 33 |
| F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA. | 34 |
| G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL. | 34 |
| 1. <u>Diagnóstico de infestación de Varroasis en el apiario.</u> | 35 |
| 2. <u>Evaluación de los tratamientos.</u> | 35 |
| a. Preparación de materiales para toma de datos. | 35 |
| b. Preparación de tratamientos. | 35 |
| c. Aplicación de los tratamientos. | 36 |
| d. Toma de datos. | 36 |
| H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN. | 37 |
| 1. <u>N° Varroas caídas/día.</u> | 37 |
| 2. <u>Porcentaje de infestación de Varroa.</u> | 37 |

| | |
|---|-----------|
| a. En abejas adultas. | 37 |
| b. En cría operculada. | 37 |
| 3. <u>Eficacia del tratamiento.</u> | 38 |
| 4. <u>Peso de la colmena</u> | 38 |
| 5. <u>Costos de las tecnologías de los tratamientos.</u> | 38 |
| IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u> | 39 |
| A. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONTROL DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA VARROASIS. | 39 |
| 1. <u>Número de Varroas caídas/día pre y pos-aplicación de los tratamientos.</u> | 39 |
| 2. <u>Porcentaje de infestación de varroa en abejas adultas pre y pos- aplicación de los tratamientos.</u> | 43 |
| 3. <u>Porcentaje de infestación de varroa en cría operculada pre y pos- aplicación de los tratamientos.</u> | 46 |
| 4. <u>Porcentaje de infestación de Varroa destructor en abejas adultas y cría operculada durante la aplicación de los tratamientos.</u> | 48 |
| 5. <u>Eficacia de los tratamientos aplicados.</u> | 51 |
| 7. <u>Peso de las colmenas pre y pos-tratamientos.</u> | 55 |
| B. COSTOS DE LA TECNOLOGÍA DE TRES ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE VARROASIS. | 57 |
| V. <u>CONCLUSIONES.</u> | 60 |
| VI. <u>RECOMENDACIONES.</u> | 61 |
| VII. <u>LITERATURA CITADA.</u> | 62 |
| ANEXOS | |

RESUMEN

En el Apiario de la Estación Experimental Tunshi perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo localizado en el kilómetro 12 de la vía Riobamba - Licto, se investigó el efecto acaricida de tres productos orgánicos (ácido oxálico, aceite esencial de romero y diatomita), frente a un grupo control sin aplicación sobre abejas *Apis mellifera*, utilizando un Diseño Completamente al Azar, durante 14 días de aplicación de los tratamientos en colmenas tipo Langstroth conformada por una alza, lo cual fue desarrollada durante 60 días de experimentación. Al finalizar el experimento se determinaron las mejores respuestas acaricidas en colmenas suministradas Ácido Oxálico y Slice Max Fortificante, mediante los cuales se alcanzó los mejores promedios de eficacia en el control de Varroasis (50.39, 44.08 %), menor número de varroas caídas/día (1.80, 1.67 varroas), menores porcentajes de infestación tanto en abejas adultas (2.61, 2.88 %) como en cría operculada (2.65, 4.76 %), así como los mejores pesos (23.21, 20.64 kg) y los más bajos costos por colmena tratada de 5.87 y 5.48 USD respectivamente. Por lo que se recomienda utilizar ácido oxálico y slice max fortificante en el control de *Varroa destructor*, además de debe seguir realizando nuevas investigaciones con estos productos en aspectos como: dosis, intervalos entre aplicación y buscar nuevos métodos de suministrarlos con el fin de obtener mejores resultados.

Palabras clave: ABEJAS – VARROASIS - ÁCIDO OXÁLICO - ACEITE ESENCIAL DE ROMERO - SLICE MAX FORTIFICANTE



ABSTRACT

In the Apiary of Tunshi Experimental Station belonging to Animal Science Faculty of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo located at 12 kilometer of the track Riobamba – Licto. The acaricide effect of three organic products were investigated (oxalic acid, essential oil of rosemary and diatoms), in front of a control group without application on bees *Apis mellifera*, using a Completely Random Design. During 14 days of application of the treatments in beehives of Langstroth type. They were conformed by a height, which was developed during 60 days of experimentation. At the end of the experiment the best acaricides responses were determined in beehives supplied Oxalic Acid and Slice Max Fortifying. Through which the best efficiency averages were reached in the control of Varroasis (50.39, 44.08 %), lower number of varroa droppings/day (1.80, 1.67 varroa), lower percentages of infestation both in adult bees (2.61, 2.88 %) and in operculated brood (2.65, 4.76%), as well as the best weights (23.21, 20.64 kg) and the lowest costs per hive treated of 5.87 and 5.48 USD respectively. It is recommended to use oxalic acid and slice max fortifying in the control of Varroa destructor. In addition to being more advanced in new research with these products in aspects such as: dosage, intervals between the application and the search for new cleaning methods in order to obtain better results.

Keyword: BEES – VARROASIS - OXALIC ACID, ESSENTIAL OIL OF ROSEMARY - SLICE MAX FORTIFYING



LISTA DE CUADROS

| N° | Pág. |
|--|----------|
| 1. COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (<i>R. officinalis</i>) | 23 27 |
| 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SLICE MAX FORTIFICANTE. | |
| 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI DE LA F.C.P DE LA ESPOCH. | 31 33 |
| 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO. | 34 |
| 5. ESQUEMA DEL ADEVA. | |
| 6. INCIDENCIA DE VARROASIS EN COLMENAS EN COLMENAS <i>Apis mellifera</i> . | 40 |
| 7. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE TRES ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE <i>Varroa destructor</i> EN ABEJAS. | 42 |
| 8. COSTOS DE TECNOLOGÍA DE TRES ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE <i>Varroa destructor</i> | 58 |

LISTA DE GRÁFICOS

| N° | Pág. |
|--|------|
| 1. Varroas caídas/día pre y pos -aplicación de los tratamientos. | 41 |
| 2. Porcentaje de infestación de Varroas en abejas adultas pre y pos-aplicación de los tratamientos. | 45 |
| 3. Porcentaje de infestación de Varroas en cría operculada pre y pos-aplicación de los tratamientos. | 47 |
| 4. Porcentaje de infestación de Varroas en abejas adultas durante la aplicación de los tratamientos. | 49 |
| 5. Porcentaje de infestación de Varroas en cría operculada durante las aplicaciones de los tratamientos. | 50 |
| 6. Eficacia de los tratamientos. | 52 |
| 7. Peso inicial y final de las colmenas. | 56 |
| 8. Costo de tecnologías por colmena tratada. | 59 |

LISTA DE ANEXOS

N°

1. Análisis estadístico del número de varroas/día pre-aplicación a las tres alternativas para controlar la Varroasis.
2. Análisis estadístico del porcentaje de infestación pre-aplicación de los tratamientos en abejas adultas y cría operculada.
3. Análisis estadístico del porcentaje de infestación durante la aplicación de los tratamientos para contralar la *V. destructor* en abejas adultas y cría operculada.
4. Análisis estadístico del número de varroas/día pos-aplicación a las tres alternativas para controlar la Varroasis.
5. Análisis estadístico del porcentaje de infestación pos-aplicación de los tratamientos en abejas adultas y cría operculada.
6. Análisis estadístico de la eficacia de los tratamientos para controlar la Varroasis.
7. Análisis estadístico del peso de las colmenas utilizadas pre y pos-aplicación de los tratamientos.
8. Costos por aplicación de los tratamientos.

I. INTRODUCCIÓN.

La Apicultura es una actividad agropecuaria que brinda grandes beneficios económicos y ecológicos, convirtiéndose en los últimos años en una actividad que permite el progreso de muchos países incluyendo al nuestro, sin embargo en el Ecuador el desarrollo de esta actividad presenta problemas en aspectos de manejo, alimentación, organización de apicultores, comercialización y la más importante la sanidad dentro de la cual han surgido problemas sanitarios serios.

La enfermedad más problemática que afecta a los apicultores del país y del mundo es la ectoparasitosis causada por el acaro *Varroa destructor*, la cual produce la enfermedad denominada varroasis, esta es la única enfermedad que ataca indistintamente tanto a las abejas adultas como a la cría, esté se adhiere al cuerpo de las abejas causándoles heridas, atacando a las crías, chupándoles la hemolinfa, debilitando a las colmenas y volviéndolas susceptibles al ataque de cualquier agente patógeno, en definitiva disminuye la producción y al no combatir a este acaro provoca la muerte de las colmenas, constituyéndose de esta manera en una de las mayores amenazas para la rentabilidad de las explotaciones apícolas y del medio ambiente en general, ya que la mayoría de las plantas y cultivos dependen de las abejas, como importantes polinizadores.

Para controlar la varroasis en los últimos años se han evaluado diversos tratamientos, como la aplicación de productos químicos y métodos de control alternativos y biológicos los cuales permiten cierto control de la parasitosis sin embargo su uso indiscriminado y reiterado ha originado grandes inconvenientes: como la presencia de residuos en los productos apícolas y el desarrollo de resistencia a dichos productos por parte de las varroas, lo que hace necesario buscar métodos alternos para el control de esta, como la utilización de productos orgánicos que sean económicos, eficaces y poco contaminantes para la miel, sus derivados y el medio ambiente, permitiendo de esta manera tener un control eficiente y oportuno de la Varroasis. En este sentido el presente estudio se encamina a determinar el control del acaro *Varroa destructor* mediante la aplicación de ácido oxálico, aceite esencial de romero y la diatomita en colmenas *Apis mellifera*.

Por lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la eficacia de los tratamientos en colmenas infectadas con Varroa destructor (T1: ácido oxálico, T2: aceite esencial de romero, T3: diatomita).
- Determinar el mejor tratamiento a través de la Varroa destruida.
- Determinar el costo de cada uno de los tratamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

A. LAS ABEJAS.

1. Origen de las Abejas.

Las abejas son esencialmente avispas que abandonaron la depredación a favor de proveer a la colonia de miel y polen. Estas avispas eran capaces de ingerir néctar y recoger polen y fue hace aproximadamente unos 100 millones de años cuando comenzaron a bifurcarse de las verdaderas avispas predadoras.

El primer fósil en el que se aprecian estructuras propias de la recolección de polen y de su transporte al nido está datado en unos 40 millones de años, siendo la pata trasera ancha y los pelos plumosos las dos estructuras más características de estos predecesores de las abejas (Root, 2003).

2. Generalidades de las Abejas.

Las abejas han vivido libremente en los campos por miles de años, solo durante los dos últimos siglos el hombre ha podido criar abejas en sus colmenas para la producción de miel, cera, polen, jalea real, etc. En la Apicultura el hombre se beneficia del trabajo de las abejas para tener ingresos económicos.

Las abejas son insectos sociales, poseen una organización no igualada por ninguna otra especie, por eso se habla de una colonia de abejas como un superorganismo en el que la interacción entre sus componentes da lugar a un único individuo, sin embargo poseen una división de trabajo en donde:

a. La reina.

Handal (2000), indica que la reina es considerada la abeja más importante en la colonia, ella tiene la función de poner huevos y propagar la especie. 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.

Sus movimientos son lentos y vivaces y es capaz de poner alrededor de 1,500 a 2,000 huevos por día. Durante la primera semana de su vida adulta, sale la reina virgen al vuelo nupcial y obtiene espermatozoides desde algunos (una docena o más) zánganos para guardar en su espermateca dentro su cuerpo para todo su vida.

La Reina secreta feromonas especiales que producen en sus glándulas mandibulares y otras glándulas, que son la goma social de la colonia porque consolidan la unión y cohesión de su familia y que controlan ciertos aspectos de la fisiología y comportamiento de las obreras.

b. Las 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 acarear el polen a la colmena. Posee un buen aguijón con su respectivo veneno para defensa de su colonia Dentro de la cabeza posee glándulas lactíferas para producir jalea real, que le sirve para alimentar a la abeja reina y crías jóvenes. También tiene glándulas salivales que producen enzimas para madurar la miel. En la parte ventral de abdomen posee 4 pares de glándulas para producir cera (Rivera, 2004).

c. Los zánganos.

Son los machos de la colmena encargados de fecundar de la reina virgen, después de tal actividad muere. Él vive menos de un mes y no trabaja dentro la colmena. Existen varios cientos dentro de una colmena, sólo cuando las condiciones son buenas (Polaino, 2007).

B. VARROASIS.

1. Origen y distribución.

El acaro fue descubierto en el año de 1904 por E. Jacobson en la isla de Java (Indonesia), siendo clasificado por el zoólogo Holandés Oudemans como *Varroa Jacobsoni*, en honor a su descubridor (Higes, Llorente & Sanz, 1989).

En el año 2000, mediante un estudio de ADN realizado por Anderson & Trueman (citado por Gómez, 2007), se demostró que el ácaro *Varroa Jacobsoni* Oudemans es un complejo de parásitos formado por más de dos especies, incluidas en una nueva clasificación restringida a abejas del género *Apis cerana* en la región de Malasia e Indonesia, por lo que, los ácaros que afectan a las abejas del género *Apis mellífera* alrededor del mundo pertenecen a otra especie denominada *Varroa destructor*, por lo que estudios anteriores realizados de *Varroa* en el género *Apis mellífera* se refieren, en su mayoría, a *Varroa destructor* y no a *Varroa Jacobsoni*.

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. Hasta 1950, solo había *Varroa* en *Apis cerana*. 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 del género *Apis mellífera* (Vandame, et al. 1995), 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).

La varroasis llega a América Latina en 1971 por medio de una donación de abejas reinas por parte de Japón a Paraguay, las cuales no fueron puestas en cuarentena. En Argentina se detectó por primera vez en 1976 en colmenas de Laguna Blanca en la provincia de Formosa, aunque se cree que el ácaro había ingresado al país unos años antes.

2. Etiología.

Según Anderson & Trueman (2000), este ácaro pertenece a:

| | |
|-----------------|---------------|
| Phylum | Artrópoda |
| Clase | Arácnida |
| Orden | Acarina |
| Suborden | Mesogstigmata |
| Familia | Varroidae |
| Genero | Varroa |
| Especie | Destructor |

SAGARPA (2011), menciona que la varroasis es una parasitosis externa de las abejas, causada por un ácaro llamado *Varroa destructor*, que afecta a las larvas, prepupas, pupas, adultos de zánganos, obreras y raramente a las reinas. La varroa es un ácaro que 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 varía 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 se 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.

3. Ciclo biológico del acaro varroa.

Vandame (2000), indica que la varroa afecta tanto a la cría como a las abejas adultas. En las abejas adultas los ácaros se encuentran sobre el abdomen y tórax, sosteniéndose con sus patas y partes bucales (fase forética). En la cría se encuentran dentro de la celda operculada (fase reproductiva). Siendo el individuo clave del ciclo de desarrollo de la varroa la hembra adulta debido a que su vida cambia entre la fase reproductiva y la fase forética.

a. Entrada de la varroa adulta en la cría.

En abejas adultas, la varroa se encuentra en el abdomen por debajo de los escleritos, en ocasiones también se encuentra entre la cabeza y el tórax. El ciclo se inicia cuando una hembra del parásito abandona la abeja adulta y penetra en una celda de cría de zángano o de obrera, que se encuentran próximas a ser operculadas. Más de una hembra puede ingresar a la misma celda. El ácaro de Varroa se siente atraído por ciertos esteres de ácidos grasos que se encuentran en la larva en el quinto estadio asociado al ácido palmítico que rodea a la larva presente en el aire cercano a ella.

Otra teoría sugiere que la preferencia de Varroa por abejas nodrizas viene de una fuente distinta a la propia larva; además de la cría, el alimento puede ser otro atrayente, ya que en 1985 se demostró que el alimento de la larva incide en la reproducción de Varroa destructor (Nazzi, et al. 2006).

La Varroa adulta infesta la cría de obreras a las 15-20 horas pre operculado y 40-50 horas pre operculado en zánganos o a un peso de la larva de 100 mg en el caso de la obrera y 200 mg en el caso del zángano.

b. Postura de la varroa adulta.

Una vez en el interior de la celda, la varroa adulta se sumerge en el alimento larval localizado en la base de la celda, permaneciendo adormecida probablemente por la baja concentración de oxígeno existente en el alimento

aproximadamente durante 15 horas en la celda de obreras, hasta la fase de pupa de la abeja, lo que ocurre al momento de la operculación de la celda.

Operculada la celda, la larva de abeja se alimenta durante 36 horas y comienza a tejer su capullo; el final del alimento larval ocasiona la señal para que la Varroa salga de la fase inmóvil, suba a la pupa y se alimente por primera vez, perforando el quinto anillo ventral con su quelícero consumiendo en cada comida 0.1 mg de hemolinfa. Muerta la pupa, la Varroa vive hasta 3 semanas (Gómez, 2007).

Cuando la abeja termina de tejer su capullo y entra en estadio preinicial inmóvil, la Varroa produce una acumulación fecal en un extremo de la celda (Gómez, 2007), que le servirá posteriormente como sitio de reproducción al adoptar la pupa una posición definida, momento en el cual la hembra de Varroa comienza la postura.

Vandame (2000), indica que la hembra del ácaro deposita su primer huevo aproximadamente a las 50 horas (48 a 60 horas) después que la celda ha sido operculada y a partir de entonces deposita un huevo cada 30 horas. El primer huevo depositado en la secuencia dará lugar a un macho, mientras que los siguientes darán origen a hembras. El número de descendientes que puede producir varía según sean crías de obreras o de zánganos. En las primeras la hembra fundadora pone 6 huevos y en los segundos 7 huevos, ya que la duración del período de operculado es dos días más en el zángano que en la obrera.

Vandame (2000), menciona que sucesivamente aparecen los distintos estadios del ácaro: larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. A las 10 horas posteriores a la postura, el huevo se convertirá en larva y como tal, durará otras 10 horas. En esta etapa solo cuentan con 6 extremidades. Después pasará a protoninfa, durando en este periodo 2 días; posteriormente se convertirá en deutoninfa permaneciendo así 72 horas, de las que 38 a 46 permanecerá inmóvil. En esta etapa ya cuenta con todos los rasgos característicos de adulto, al que llegará en 160 horas. Cada sexo presenta diferentes tiempos de desarrollo, las hembras se desarrollan más rápido (aproximadamente 217 horas) que los machos (aproximadamente 230

horas) por lo que la primera hembra de la progenie madura casi al mismo tiempo que el macho.

En el estado de protoninfa, la Varroa ya puede alimentarse la misma que ocurre por orden de edad; el macho no se alimenta ya que modifica su aparato bucal y lo convierte en aparato copulador. Una vez terminada la alimentación, el macho se dirige al bolo fecal esperando a las hembras que, después de defecar, copulan con él, permaneciendo unido a la primera hembra que llega hasta la llegada de la siguiente hembra; Poco tiempo después de haber copulado con las hembras, el macho muere por inanición ya que nunca se alimenta.

Vandame (2000), manifiesta que una hembra Varroa puede ser fecundada únicamente en la celda donde nace. Luego, una parte de su aparato genital se destruye, lo que impide todo apareamiento. En las celdas donde el macho muere antes del apareamiento, las hembras quedaran estériles e infecundas para siempre; esto puede ocurrir en 10 % a 46 % de las celdas. En caso de no ser fecundada alguna hembra, permanecerá estéril el resto de su vida por atrofia de su aparato reproductor.

c. Salida y diseminación de la varroa.

Vandame (2000), indica que al momento en que emerge la abeja, las varroa hijas fecundadas, tan pronto como salen de la celda, tratan de subir sobre las abejas teniendo una preferencia muy neta sobre las abejas nodrizas, ya que se encuentran cerca de la cría (abeja), lo que ofrece más oportunidades a los ácaros para entrar en la cría por opercular.

El acaro Varroa, para propagarse dentro de una colma necesita de algunos factores para su propagación como; condiciones micro climáticas, la alimentación. La corta duración de su ciclo biológico (de 7 a 9 días), comparado con el de las obreras (12 días las obreras y 15 días los zánganos) y la rapidez con la que se traslada de una abeja a otra facilita su pronta propagación dentro de la colmena.

Según Prost (1995), existen dos tipos de transmisión de una colmena a otra y estas son: transmisión natural y transmisión por el apicultor. La transmisión natural ocurre cuando los zánganos y abejas obreras transportan el parasito de una colonia a otra, cuando se desvían a las colonia vecinas o pueden pillar (robo de miel) en una colonia poco vigilada en la piquera, de esta manera, durante un día de gran actividad, hasta 70 Varroa por día pueden llegar a una nueva colmena. La transmisión por el apicultor ocurre por las intervenciones que este hace y estas amplifican considerablemente propagación natural de parasito, las inspecciones continuas que al molestar mucho a las abejas las estimula a desviarse a otras colonias.

La propagación de la varroasis de apiario a apiario se realiza por introducción de abejas reinas infestadas e introducción de cuadros de cría y zánganos que llegan de colmenas infestadas de otros apiarios y la propagación de un país a otro es afectada por la apicultura migratoria; por enjambres silvestres diseminados, y por las importaciones de reinas, enjambres y colonias (De Felipe & Vandame 1999).

4. Fases de la Varroasis.

Según Rivera (2004), la varroasis presenta 3 fases:

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

5. Efectos de la varroasis sobre la cría de abejas y abejas adultas.

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 & Trueman, 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. En caso de infestaciones graves se produce una gran movilidad de la larva, la cual puede llegar a morir en su interior a causa de la expoliación producida por el parásito o por la acción de otros agentes patógenos concomitantes, tales como hongos, bacterias o virus. 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 & Trueman, 2000).

6. Signos clínicos.

SAGARPA (2011), manifiesta que la parasitosis comienza sin signos visibles de enfermedad, por lo que el apicultor no se percata de su presencia. Para cuando se manifiesta, es porque el caso ya empieza a ser grave; entre los principales signos que podemos observar están los siguientes:

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. Generalmente las abejas malformadas son sacadas de la colmena y se observan arrastrándose en la piquera. Debido a la acción irritante que causa el parásito, la abeja tiene un comportamiento desordenado que da lugar a movimientos en el interior de la celda tratando de quitarse al ácaro. 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.

7. Diagnostico.

Debido a los daños que ocasiona la Varroa y que a la fecha no es posible su erradicación, es importante que el apicultor mantenga sus colmenas con pequeñas cantidades de ácaros (infestaciones bajas) que afecten al mínimo su producción. Existen diversas formas de realizar la detección de Varroa, tanto en abejas adultas como en cría operculada y también sobre los desperdicios que caen normalmente al piso de la colmena.

a. Diagnostico en la cría.

Vandame (2000), indica que debido a su distribución sobre el panal de cría y a fin de obtener datos más precisos, se hace necesario tomar un panal de cría para desopercular entre 50 y 100 celdas determinadas en forma de cruz sobre la cara del panal y se procede a la observación cuidadosa tanto de la cría como del fondo y paredes de las celdas. Los ácaros adultos (color marrón rojizo) y formas inmaduras (color blanco) se observan a simple vista. Para cuantificar el porcentaje de infestación se debe determinar: el número de celdas examinadas (totales), número de celdas con ácaros (parasitadas), se divide el número de celdas parasitadas por el número de celdas totales y multiplicar por 100.

Si la tasa de infestación es inferior a 10 % (10 Varroas por 100 larvas), la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si la tasa es superior a 10 %, la colonia requiere un tratamiento.

b. Diagnóstico en las abejas adultas.

Vandame (2000) manifiesta que el método más recomendado para determinar el grado de infestación en abejas adultas contempla la obtención de al menos 200 abejas adultas de la cámara de cría (con cuidado de no incluir a la reina) dentro de un recipiente las que son sumergidas en una solución al 2 % de detergente líquido en agua y luego son agitadas fuertemente en un frasco por el lapso de un minuto. Posteriormente se pasan por un sistema de doble malla: la primera (más gruesa) retendrá las abejas y la segunda (más fina) retendrá los ácaros. Para conocer el porcentaje de infestación se determina de la siguiente manera: El número de ácaros presentes, el número de abejas en la muestra y se divide el número de ácaros encontrados por el número de abejas, y se multiplica por 100.

Si la tasa de infestación es inferior a 5 % (5 Varroas por 100 abejas), la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si la tasa es superior a 5 %, la colonia requiere un tratamiento.

c. Diagnóstico de piso.

Vandame (2000), menciona que para realizar este método se debe colocar una cartulina, paño o lámina de aluminio untado con aceite o grasa por la piquera, que cubra todo el piso y dejar durante 24 horas, transcurrido este tiempo retirarla y contar el número de varroas pegadas a la lámina. Si cayeron menos de 10 varroas en las 24 horas la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si cayeron más de 10 varroas la colonia necesita algún método de control y/o tratamiento. Este método es el más fácil de todos, por lo que es el más recomendable

d. Diagnóstico 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 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 la varroa se adhiere a las estemitas abdominales, sobre todo, en infestaciones leves.

También es necesario diferenciar de la Loque Americana ya que los cuadros de cría operculada que están parasitadas de varroa presentan un aspecto similar al producido por esta enfermedad: cría en mosaico, opérculos hundidos o rotos y olor desagradable (Schopflocher, 1996).

8. Dinámica poblacional.

Antes de conocer los métodos de control, es necesario conocer el funcionamiento de la población del ácaro. Vandame (2000), manifiesta que el nivel de infestación de la varroa está íntimamente relacionado a la puesta de la reina, debido a que este acaro realiza su fase de reproducción en cría operculada de abeja, de tal manera en climas templados su desarrollo es más rápido de la población del acaro que en condiciones de clima nórdico en donde la reina bloque su postura hasta por seis meses al año y provoca una reducción de 50 % de la población de la varroa.

Vandame (2000), manifiesta que la muerte de la colonia de abejas no está relacionado íntimamente al número de varroas en la colmena sino porque la Varroa es patógeno por las enfermedades virales y bacterianas que activa o trasmite entre colmenas. Ya que los últimos reportan que en el sur de Europa las colmenas de abejas se muera antes que la población de Varroa sea de 6.000 u 8.000 individuos frente a Alemania y Gran Bretaña y donde la población de

varroas por colmena es de 20.000 y 4.2000 respectivamente, pero el ataque viral en estas zonas son menores en relación al sur de Europa.

Como los casos de Varroasis son más severos en zonas donde los inviernos son poco rigurosos y la cría permanece durante todo el período facilitando una reproducción ininterrumpida del ácaro mientras disminuye paulatinamente la población de abejas, entrar a la invernada con alto número de abejas, buena cantidad de reservas y sobre todo un bajo número de ácaros es imprescindible para lograr un buen desarrollo de las colmenas durante la primavera.

9. Tratamiento.

La lucha contra el acaro Varroa es obstaculizada por varias características biológicas del acaro, que hacen difícil encontrar un tratamiento ideal, dentro de estas características están las siguientes: 1. Parasita al mismo tiempo la cría y las abejas adultas 2. Su metamorfosis es de 2 a 2.5 veces más corta que la de las abejas, por eso las nuevas generaciones de ácaros dentro de las celdillas operculadas, son mucho más abundantes 3. Los ácaros desarrollan rápidamente resistencia a los fármacos que hasta ahora se han empleado (CONAPIS, 1999), Por lo tanto los tratamientos no buscan la erradicación del acaro Varroa si no mantener niveles de infestación que permitan la rentabilidad de la apicultura.

Los métodos de control se pueden hacer de cuatro formas diferentes: natural, química, física y biológica. Existen formas de controlar la varroasis mediante productos elaborados con diferentes principios activos, como los químicos y los orgánicos, con diferentes presentaciones y con distintas formas de acción, como los sistémicos que son ingeridos por las abejas, los de contacto (Bacci, 2008). Las formas de administración de medicamentos son por medio de humos o gases, los que se aplican por medio de evaporadores, como las sustancias orgánicas y soluciones, que se aplican dentro de la colmena.

C. PRODUCTOS EN ESTUDIO.

1. Ácido Oxálico.

Es un compuesto químico orgánico, el más sencillo de los ácidos dicarboxílicos; su nombre deriva del griego oxis (agudo, ácido) y alude a la acidez común en el follaje de ciertas plantas (principalmente Oxalis y Rumex), de las cuales fue primeramente aislado. El ácido oxálico se encuentra presente en forma natural en muchas formas de vida, incluyendo al hombre, y es consumido en la dieta regular. La miel también contiene ácido oxálico, es decir que al utilizarlo contra la varroa y por no ser degradable, no contamina la miel (Nanetti, 2007).

El ácido oxálico (ácido etanodioico), cristaliza en forma de pirámides rombicas, es blanco, inodoro, higroscópico, y forma fácilmente dihidrato; ésta forma cristales que contienen 71,42 % ácido oxálico anhidro, y 28,58 % de HO, y es la forma comúnmente comercializada (Mariani, et al. 2002).

El ácido oxálico tiene una alta disociación constante, lo que le hace ser más acidificante que el ácido cítrico, acético o láctico. Este ácido ha demostrado tener una alta actividad acaricida en ensayos de campo realizados durante los periodos en los que las colonias permanecen sin cría, habiéndose observado en estas condiciones eficacias superiores al 90 % (Nanetti & Stradi, 1997; Higes, et al. 1998; Arculeo, 2000), disminuyendo hasta el 82,8 % cuando la cría está presente (Arculeo, 2000). Sin embargo Charriere & Imdorf (2001), afirman que el ácido oxálico no es efectivo contra varroa cuando en las colonias está presente cría esto debido a que el ácido no afecta a las varroas presentes dentro de la cría sellada. Gregorc & Planinc (2001) citados por Gregorc & Planinc (2005), han encontrado una eficacia muy baja en el control de Varroa de sólo un 39,2 % en presencia de cría, en contraparte a un 99,4 % de eficacia en colmenas con ausencia de cría.

a. Formas de aplicación.

Esta sustancia puede ser administrada a la colonia asperjando (método obsoleto por su complicada manipulación), por goteo y por sublimación. Todas las técnicas son altamente efectivas (90-95 % o más) en colonias sin cría y, por lo tanto, cumplen con los requisitos de un tratamiento de invierno (Nanetti, 2007).

(1) Pulverización: La solución se compone de 30 g ácido oxálico deshidratado disuelto en 1 litro de agua. Mediante un vaporizador manual equipado con una fina boquilla, se pulveriza de 3 a 4 ml de la solución sobre cada una de las dos caras del panal ocupado por abejas. Este modo de aplicación se presta particularmente para tiramiento de colonias en colmenas-almacén con alza única, pero numerosos apicultores la utilizan en sus colmenas suizas con entera satisfacción. Si las medidas de seguridad son respetadas (máscara de protección para respirar, gafas y guantes), su uso no comporta riesgo alguno. Es preferido tratar las colonias a una temperatura no inferior a 7 °C (Apiservices, 2017).

(2) Goteo: Este método utiliza una solución con una parte de ácido oxálico deshidratado y 10 de agua y también 10 partes de azúcar, es decir para hacer esta mezcla se pondrá 1 kilo de azúcar más 1 litro de agua más 100 gramos de ácido oxálico. Se derrama sobre las abejas 5 ml de esta solución dejándola correr por el cuadro ocupado mediante el dosificador de perizín o de una jeringa. Para una colonia débil se necesita aproximadamente 30 ml, para una media 40 y para una colonia fuerte 50 ml de solución. Los tratamientos deben efectuarse con temperatura superior a 5 °C y la solución "calentada" antes de su utilización. El trabajo requerido por este método es comparativamente mucho menos importante que la aplicación por pulverización ya que no se debe retirar cada cuadro de la colmena (Apiservices, 2017).

(3) Sublimación: En este caso, es mucho más problemático el método, aunque generalmente no tiene problemas con la tolerancia, es mucho menos efectivo en tiempo y trabajo (Apiservices, 2017).

El método de aplicación parece jugar un papel importante en la eficacia; se han llevado a cabo numerosos estudios para valorar los diferentes sistemas de aplicación siendo la nebulización y la administración en gota gruesa los más utilizados, sin embargo, el método de la nebulización parece mostrar mayor eficacia, ya que en la administración en gota gruesa la eficacia varía según los autores entre un 51,6 % y 95 % (Higes, et al. 1998; Mutinelli, et al. 1997).

b. Modo de acción del ácido oxálico sobre las varroas.

El mecanismo de acción no ha sido bien comprendido hasta la actualidad, aunque el efecto acaricida es parcialmente atribuido a la sensibilidad de los ácaros a los pH ácidos. Se ha observado que luego de la administración del ácido en solución azucarada, en los siguientes 10 días, el mismo aparece en los órganos abdominales de las abejas, la cera y miel (Eguaras, 2006).

Según Nanetti, et al. (1999), citado por Arculeo (2000), plantea que el ácido parece actuar por contacto y que la presencia de azúcar en la solución reviste un papel importante como soporte, favoreciendo la acción del principio activo.

Según Charriere & Imdorf (2001), citado por Silva (2006), quienes encontraron que las abejas no ingieren la solución, es más, el azúcar mejoraría la adherencia del producto, incrementando la efectividad de éste.

c. Efectos negativos del ácido oxálico en las abejas.

Se han denunciado ciertos efectos adversos sobre las abejas y el desarrollo posterior de las colonias, aunque los estudios sobre la toxicidad del producto son bastante contradictorios. Si bien algunos autores no han observado efectos adversos, ni toxicidad aguda en las abejas (Mutinelli, et al. 1997), otros investigadores si han constatado pérdida de colonias aún trabajado a bajas concentraciones del ácido, habiéndose descrito además efectos negativos en el desarrollo de la cría de colonias tratadas con él y aunque en general, parece ser que la concentración de azúcar añadida al tratamiento y el método de aplicación del mismo juegan un papel importante en la toxicidad, hasta el momento no se

conocen datos concretos sobre la dosis letal del ácido oxálico ni de su mecanismo de acción.

Este producto, además de su biodegradabilidad, no tiene establecido un Límite Máximo de Residuos en la miel, ésta comprobado que en la miel nunca se alcanzan niveles inaceptables, aun aplicando dosis mucho más altas que las utilizadas; tampoco representa un peligro de consideración para quienes lo aplican, ya que la modalidad de goteo empleada es la menos riesgosa de todas (Martin, 1998), y no se produjo ningún incidente peligroso o desagradable durante la aplicación.

d. Investigaciones en el control de Varroa a base de ácido oxálico.

Silva (2006), menciona que en su investigación aplico a las abejas infestadas con varroa destructor ácido oxálico en concentraciones de 5 %, 10 % y 20 %, mismos que fueron diluidos en un jarabe azucarado 2:1 (agua/azúcar), este producto fue aplicado en otoño durante cuatro aplicaciones cada 5 días, obteniendo eficacias del 96.2, 97.9 y 96.4 %, para los tratamientos al 5, 10 y 20 % de concentración, respectivamente.

Barbero, et al. (1997), citado por Silva (2016), reporta que en la primera aplicación de 10 % ácido oxálico en jarabe azucarado 1:1, obtuvo una eficacia del 70 % mientras que para la segunda aplicación de ácido oxálico encontró una eficacia del 95 %.

Según Charriere & Imdorf (2002), citado por Silva (2006), manifiestan encontrar eficacias mayores al 95 % al aplicar concentraciones del ácido de 3, 3.7 y 4.5 %, cabe destacar que estos autores encontraron que la adición del ácido en solución azucarada tiene una mejor efectividad sobre el control de varroa y además, el producto es mejor tolerado por las abejas. Es así como la aplicación de una solución azucarada en concentración 1:1 (azúcar/agua) con un 4.5 % de ácido oxálico, es mejor tolerado por las abejas y tiene mayor efectividad que la misma concentración del ácido.

Mariani, et al. (2002), citado por Silva (2006), encontraron eficacias sobre el 81 % aplicando soluciones azucaradas al 33 % p/v con un 7 % de ácido oxálico, tres veces a intervalos de 7 días.

Arculeo (2000), citado por Silva (2006), reporta eficacias de 94.1 % sin cría de abejas y 82.8 % con cría, para la aplicación del ácido al 10 % en solución azucarada 1:1, y 87 % sin cría, para concentraciones del ácido al 7 %.

Flores, et al. (1997), citado por Silva (2006), reporta que al aplicar este ácido oxálico en concentraciones de 3.4, 3.7 y 2.9 %, en presencia de cría, encontraron eficacias promedios de 52.28, 40.66 y 39.16 %, respectivamente.

Moyon, (2013), manifiesta que al utilizar ácido oxálico al 10 % este presenta una eficiencia de 84,45 %, además el costo/colmena para el control de la varroasis es de 13.2 dólares por colmena tratada de los cuales el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación es de \$ 1,43, mano de obra \$ 7,78 y transporte \$ 4 USD americanos.

El método de aplicación parece jugar un papel importante en la eficacia; se han llevado a cabo numerosos estudios para valorar los diferentes sistemas de aplicación siendo la nebulización y la administración en gota gruesa los más utilizados, sin embargo, la nebulización parece mostrar mayor eficacia, ya que en la administración en gota gruesa la eficacia varía según los autores entre un 51,6 % y 95 % (Higes, et al. 1998; Mutinelli, et al. 1997).

2. Aceite esencial de Romero.

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.

Según Naturisima, (2017), los aceites esenciales son líquidos, más o menos viscosos, con una densidad generalmente inferior a la del agua y de coloración variada dependiendo del material utilizado. Los aceites esenciales son altamente concentrados y muy volátiles, esto último debido a que tienen un número muy elevado de electrones libres. Son ligeros y no son grasos a pesar de ser llamados aceites. Se disuelven fácilmente en aceites vegetales, materias grasas y en alcohol. Tienen gran capacidad de penetración. Se absorben fácilmente por la piel sin necesidad de transportadores (liposomas). Se difunden rápidamente en los tejidos subcutáneos adyacentes y pasan a la circulación sanguínea que los distribuye por todo el organismo.

a. Modo de acción de los aceites esenciales sobre la varroa.

Los aceites esenciales se han utilizado como sahumeros en higiene animal desde hace muchísimo tiempo. Siguiendo esa tónica, se han realizado muchos ensayos con diferentes aceites esenciales: Lavanda, de eucalipto, Tomillo, etc.

De acuerdo a Amrine, et al. (1996), citado por Portales (2003), los aceites esenciales tienen dos modos de la acción:

- Toxicidad por contacto directo: Cuando los ácaros entran en contacto con los aceites esenciales, mezclados con aceite o grasa, mueren los ácaros por contacto, generalmente dentro de breves minutos.

- Deterioro de la reproducción, por medio de jarabes de alimentación que contienen aceites esenciales: Cuando los ácaros se alimentan de larvas que contienen los aceites esenciales, se interrumpe su reproducción. Si las concentraciones de aceite son altas, las hembras no oviponen. Si están en concentraciones menores, los huevos serán puestos, pero el desarrollo de estos se retrasa, con lo cual los ácaros no maduran antes que la abeja salga de las celdillas y por lo tanto mueren. Los aromas de los aceites esenciales pueden alterar la orientación del olfato de varroa y su principal desventaja es que existe una pequeña diferencia entre la dosis letal para el ácaro y para la abeja.

Los aceites esenciales están formados principalmente por una buena concentración de mono terpenos constituyendo una buena alternativa para el control de varroa. Los aromas de los aceites esenciales pueden alterar la orientación del olfato de varroa y su principal desventaja es que existe una pequeña diferencia entre la dosis letal para el ácaro y para la abeja.

b. Efectos adversos de los aceites esenciales en la colmena.

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. Su utilización se ve afectada por la temperatura ya que en tiempos o climas fríos, donde no se alcanza la volatilización y no pueden matar o repeler a los ácaros, y al contrario con dosis altas existen problemas con agitación y mortalidad de abejas (Sanford, 1997). Otro problema que pueden originar los aceites esenciales es la incitación al pillaje debido al aroma que proviene de las colmenas tratadas.

c. Uso del aceite esencial de romero.

El romero (*Rosmarinus officinalis L.*), es una planta rica en principios activos y con acción sobre casi todos los órganos de cuerpo humano. Según Naturisima, (2017), el aceite esencial de romero se obtiene mediante destilación de la planta florida (hojas y flores), es un líquido amarillo de olor característico a romero y sabor alcanforáceo. Al tener un alto contenido en aceites esenciales, cuyos ingredientes activos son flavonoides, ácidos fenólicos y principios amargos, genera una acción tónica y estimulante sobre el sistema nervioso, circulatorio y corazón, además desde la antigüedad se le han adjudicado propiedades analgésicas, antisépticas, antidiarreicos, antirreumáticas, antiespasmódicas, astringentes, es un estimulante circulatorio, sudorífico, cicatrizante, hepático y tonificante. A esta planta se la aprovechan en la industria alimentaria, en el hogar, en medicina y en cosméticos.

Naturisima, (2017), indica que debido a su relativamente pequeña concentración en las plantas, obtener aceites esenciales, por lo general, requiere de gran

cantidad de materia vegetal. Además hay que añadir el carácter volátil de estas sustancias y la facilidad de ser alteradas por condiciones externas como humedad, temperatura, luz, etc. Todo esto nos da una explicación del elevado costo económico de estos aceites.

La composición del aceite esencial de romero se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. COMPOSICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO (*R. officinalis*).

| Componentes | Porcentaje, % |
|-------------|---------------|
| Alfa pineno | 15,3 |
| Camfeno | 5,7 |
| Mirceno | 4,9 |
| Limoneno | 3,7 |
| 1,8 cineol | 21,5 |
| Alcanfor | 18,0 |
| Borneol | 3,7 |
| Cariofileno | 3,4 |

Fuente: Santoyo. (2005).

Estudios en España mostraron que los metabolitos que se encontraron en el aceite esencial de romero en mayor proporción fueron alfa-pineno, 1,8 cineol, alcanfor y además verbenona, y borneol (Santoyo, et al. 2005). Se debe destacar que tanto el 1,8 cineol como el alcanfor están registrados por su actividad acaricida, e incluso forman parte de la composición de formulados comerciales para el control del ácaro *Varroa jacobsoni* Oud., plaga que afecta los colmenares y que constituye un factor de disminución de las producciones de miel de abeja (Higes, et al. 1997).

La evaporación pasiva es el método más apropiado para la aplicación de aceites esenciales y sus componentes Imdorf et al. (1999). Además, Vandame (2000), señala 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, como la vermiculita, ya que las abejas pueden así repartir el producto por toda la colonia.

d. Investigación en el control de Varroa con aceites esenciales.

No se tiene antecedentes sobre el uso del aceite de romero en el control de varroa, sin embargo esta investigación permitirá aumentar el abanico de posibilidades para el control de la misma.

Imdorf, et al. (1995) & Lindberg, et al. (2000), citado por Portales (2003), realizaron ensayos en laboratorios sobre los efectos varroicidas de aceites esenciales y de componentes de estos, encontró que concentraciones de 5 a 15 ug de timol, 50 a 150 ug de alcanfor y 20 a 60 ug de mentol por litro de aire mataron cerca del 100 % de ácaros y además la muerte de abejas fue imperceptible. En cambio eucaliptol en 240 ug por litro causó 100 % de ácaros muertos, pero también mato al 25 % de las abejas.

Franco (2009), evaluó el control alternativo del ácaro Varroa destructor utilizando aceites esenciales de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis Dehnh*), Clavo (*Eugenia caryophyllata Thunb*), y extracto comercial de Nim (*Azadirachta indica A. Juss*) aplicados a través de un sustrato de gel directamente en las colmenas de abejas melíferas; para ello se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos evaluados fueron: gel con 5 % de aceite esencial de Eucalipto, gel con 15 % de extracto comercial de Nim, gel con 25 % de aceite esencial de Clavo, gel sin principio activo (sin aceite esencia o extracto) testigo absoluto (sin gel), ácido oxálico y Bayvarol® (flumetrina). En esta prueba se determinó que el aceite esencial de Eucalipto y el extracto de Nim ejercen un efecto tóxico directo sobre Varroa ya que el primero causó la mortalidad del 100 % de las varroas usadas durante la prueba, y el segundo causó la muerte del 70 %. El aceite esencial de Clavo, no resultó ser tóxico para Varroa. Los promedios de celdas infestadas obtenidos al final del experimento, se obtuvo que el máximo control corresponde al aceite esencial de Eucalipto y al extracto de Nim con una infestación promedio de celdas de 1.29 % y 1.67 % respectivamente; en una segunda categoría se ubicó el aceite esencial de Clavo

con un control bajo sobre las poblaciones de ácaros (16.77 % de celdas infestadas) pero si estadísticamente diferente a los tratamientos con únicamente gel y testigo absoluto, que presentaron un 19.17 % y un 22.35 % de celdas infestadas. De los tratamientos evaluados, la mayor eficiencia correspondió al aceite esencial de Eucalipto con un 80 %, seguido por el extracto de Nim con una eficiencia de 53.62 %; en relación a los tratamientos tradicionales Bayvarol (100 % de eficiencia) y ácido oxálico 89.28 %.

Vandame (2000), señala la utilización de cristales de timol, en dosis de 8 g por colmena disueltos en alcohol o simplemente en polvo. Esto es para una aplicación que dura siete días, consistiendo el tratamiento en 2 o 3 aplicaciones, obteniendo una eficiencia cercana al 82 %.

Portales (2003), realizó una aplicación primaveral de mentol para el control de *Varroa destructor* Anderson & Trueman, en *Apis mellifera* L. Los tratamientos consistieron en 3 dosis de mentol; 9 g, 18 g y 27 g (diluidas en etanol al 30 %), un cuarto tratamiento consistió en etanol al 30 % y un quinto tratamiento correspondió al testigo. Los tratamientos fueron aplicados en tabletas de vermiculita y fueron fraccionados en 5 aplicaciones que se colocaron cada 5 días. Los resultados obtenidos demuestran que el Mentol 27 g fue el único tratamiento que superó al testigo con 56.5 % de eficacia, lo que además le permitió ser el único tratamiento que logró una disminución de la infestación inicial, bajando ésta a la mitad, aproximadamente.

Westcott & Winston (1999), citado por Portales (2003), encontraron que el mentol no producía efectos negativos en colonias tratadas, la sobrevivencia de crías y de adultas no se ven afectadas, sólo se vio una disminución del área de crías operculadas.

Sabahi, et al. (2017), determino la eficacia varroacida de tres compuestos naturales entregados a las colmenas con tres métodos de aplicación durante un período de 4 semanas. Aplicó ácido oxálico en una solución de sacarosa impregnada en cartón (T1), una mezcla de aceites de orégano y clavo en una

solución de etanol-gelatina impregnada en compresas absorbentes (T2) y el aceite de orégano solo se administró utilizando vaporizadores eléctricos (T3) para probar la hipótesis de que la liberación continua de acaricidas aumenta la eficacia varroacida de los aceites esenciales. Las tasas de control de ácaros varroa 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. Estos resultados demuestran la importancia de liberar continuamente mitocidas naturales para lograr altas y seguras tasas de control de ácaros en las colmenas.

Espinosa & Guzmán (2007), citado por Moyón (2013), reportan que el costo de los tratamientos, incluyendo el precio del producto y los gastos de mano de obra y transportación, fue para timol a dosis de 12.5 g (37.76 pesos, 3.45 dólares) que con timol a dosis de 25 g (70.21 pesos, 6.42 dólares). Sin embargo Moyón (2013), al utilizar 10 gramos de timol disuelto en 17 ml aceite de oliva aplicado dos veces cada 8 días presentó un costo de 18,9 dólares por colmena tratada de los cuales el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación es de \$ 13,01, mano de obra \$ 3,89 y transporte \$ 2.

3. Diatomita.

La fuente de toda diatomita es un organismo vivo denominado diatomea. Las diatomeas son algas unicelulares de nutrición autotrófica fotosintetizadoras, con conchas de sílice, pertenecientes al reino protista (Eucariota) semejantes a plantas (compuestas por una pared celular transparente de sílice y una capa interna de pectina). El silicio puede ser suministrado de forma natural a las diatomeas por varias fuentes entre otras están las soluciones en corrientes, por el influjo de cenizas volcánicas y por la reacción química de las rocas con el agua en medios próximos a las diatomeas.

La tierra de diatomea es un depósito geológico de microesqueletos fosilizados de numerosas especies de silíceos marinos y de organismos unicelulares de agua fresca (fitoplancton), particularmente diatomeas y otras algas, cuando las algas mueren, todo el contenido orgánico se destruye, con excepción de su esqueleto de sílice, el cual generalmente van a depositarse al fondo de las aguas, para formar al cabo de los siglos, grandes depósitos de algas fosilizadas estrañendo de este sedimento rocas (diatomita) que se muelen hasta la obtención de un polvo fino de color blanco-grisáceo (Korunic, 1998).

La tierra de diatomea está formada en su mayor parte por sílice amorfa y por numerosos minerales entre macroelementos (Ca, P, Na, K, Mg) y microelementos vestigiales, estos últimos agrupados como esenciales (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn), contaminantes (Al, Ba, Sr, Ti) y tóxicos (As, Pb, Cd, Hg, Cr, Sn). Sin embargo no todas las tierras son iguales, sino que varían en su composición mineral según sea la cantera de la cual provengan (Korunic, 1998).

La composición química de Slice Max Fortificante se detallada en el cuadro 2.

Cuadro 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE SLICE MAX FORTIFICANTE.

| Elemento | Concentración |
|--------------------------------|----------------------|
| Ph | 7.0 |
| SiO ₂ | 86.30 % |
| Al ₂ O ₃ | 3.5 % |
| Fe ₂ O ₃ | 1.25 % |
| CaO | 1.2 % |
| MnO | 0.05 % |
| MgO | 0.45 % |
| K ₂ O | 0.62 % |
| P ₂ O ₅ | 0.02 % |
| Na ₂ O | 0.3 % |
| TiO ₂ | 0.15 % |

Fuente: Benavides. (2017)

a. Usos de la diatomita.

Su particular estructura, estabilidad química, baja densidad global, alta capacidad de adsorción, gran área superficial y baja capacidad de abrasión, capacitan al material para ser aplicable comercialmente como ayuda filtrante, material de relleno o de carga, aislante térmico, agente abrasivo y abrillantador, soporte en cromatografía, fuente de sílice reactiva, etc.

La presencia de Sílice en forma de dióxido de silicio SiO_2 en sus diferentes estados asimilables: ácido silícico, opalino, amorfo, y biosilice, que permiten esperar la utilización del referido producto como: insecticida orgánico, fungicida orgánico, fertilizante orgánico, protector natural de factores bióticos y abióticos, e inmunizante orgánico y potencializar al material de compostaje.

La ingestión de Slice Max Fortificante produce desgarros y perforaciones en el aparato bucal, exoesqueleto y órganos internos de los insectos. Al contacto de los mismos con Slice Max Fortificante, absorbe la cera cuticular, que llevan a la muerte del insecto, por deshidratación. Estas acciones no afectan a vertebrados y no generan resistencia en los insectos.

Las diatomeas son un medio eficaz, inocuo y económico en el combate de los parásitos externos como ácaros, arañas, babosas, pulgones, cochinillas, caracoles, chinches, cucarachas, garrapatas, gorgojos, grillos, hormigas, piojos y otros, la tierra diatomeas no contiene venenos que afecten al hombre, ni a los animales domésticos. Elimina los insectos sin generar autoinmunidad y puede utilizarse sin límite de tiempo.

En general, los estudios revelan que para aumentar su eficiencia y lograr buenos resultados, se debe utilizar la diatomita diluida en agua al 1 % o 2 %, es decir: 1 parte de diatomeas por 100 partes de agua, o lo que equivale a decir: 1 kilogramo en 100 litros de agua, o 10 gramos por litro de agua, según el grado de infestación. Slice Max Fortificante, se puede aplicar directamente en polvo sobre el pelo del animal espolvoreando hasta 1 gramo por kilo de peso del animal, sobre

vacas, caballos, cabras, ovejas, aves, perros y gatos u otros animales domésticos, para el control de pulgas, garrapatas, ácaros, piojos, etc., evitando aplicar en la cara de los animales (Benavides, 2017).

Otra interesante aplicación de la Diatomita, es para combatir los Parásitos Intestinales de los animales. Añadida en una medida estándar de 1 % a 2 % del total de la dieta (de 1 kg a 2 kg de TD por cada 100 kg de alimento), actúa no solo como secuestrante de parásitos y micotoxinas intestinales sino que constituye un excelente suplemento nutritivo mineral (ya que contiene minerales como manganeso, magnesio, calcio, hierro, zinc, entre otros), pues mejora la asimilación de alimentos y evita su descomposición en el tracto digestivo, controlando con su efecto absorbente la formación de gases y olores (Agropuli, 2010).

b. Modo de acción.

Cuando la tierra de diatomea es extraída, molida, pulidamente triturada, tamizada y centrifugada ésta se convierte en un refinado talco, que puede ser manipulado de manera segura. Toda tierra de diatomea con alta capacidad absorbente, muy pura en sílice amorfa, que posea uniformidad en el tamaño ($< 10 \mu$) y forma (irregular espinoso) de sus partículas, con un pH $< 8,5$; que contenga partículas de arcilla y menos del 1 % de sílice cristalina es un insecticida potencial.

La acción insecticida es estrictamente físico-mecánica, por lo que a diferencia de los biocidas químicos convencionales no generaría resistencia en los insectos y mantendría su actividad por tiempo muy prolongado. Los bordes afilados de las partículas de la tierra de diatomea se adosan fácilmente al cuerpo de los insectos (adultos y larvas específicamente), provocando perforaciones y abrasiones en el exoesqueleto de quitina y destruyendo la estructura cerosa, absorbiendo sus líquidos corporales y secándolos por completo, por el cual el insecto muere por desecación, los insectos solo necesitan perder el 10 % de sus fluidos para que mueran, y la diatomita le hace perder más de esa cantidad, tomando en cuenta que una sola partícula de diatomita puede absorber hasta en 210 % su propio

peso (Agropuli, 2010). En otras especies los microscópicos corpúsculos penetrarán intrínsecamente agrediendo el sistema respiratorio, digestivo y reproductivo. El polvo de tierras de diatomea puede ser aplicado sin ningún aparato protector. El Silicio de diatomea en las plantas es transportado a través del Xilema depositándose entre la cutícula y la epidermis, formando una barrera protectora, que dificulta la entrada de hifas de los hongos y aparatos bucales de algunos insectos plaga, especialmente Trips, ácaros y áfidos (Agropuli, 2010).

La diatomita presenta buenas propiedades para combatir parásitos externos en animales domésticos, resultando tratamientos económicos y, que por ser inofensivo permite esparcir el producto sobre el animal. Por la misma razón, los preparados en base a tal principio activo también son utilizables en usos hogareños para el control de insectos. Conforme a la usanza que se trate, los preparados son formulados en emulsiones o polvos. Además las diatomeas se pueden emplear como cura semillas, accionando por igual con hongos, bacterias y virus; al respecto no sólo tiene un comportamiento inocuo, sino se aprecia que actúa como estimulador de la germinación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Tunshi, perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicado en el kilómetro 12 de la vía Riobamba - Licto, en la Provincia de Chimborazo, con una longitud de 78°37,56" Oeste y 01°45" Sur, misma que tuvo una duración de 60 días. Las condiciones meteorológicas reinantes en la zona de estudio se detallan en el cuadro 3.

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI DE LA F.C.P DE LA ESPOCH.

| Parámetros | Valores promedios |
|---------------------|-------------------|
| Temperatura, °C | 13,55 |
| Humedad relativa, % | 82,05 |
| Precipitación, mm | 63,45 |
| Heliofania, h/luz | 125,9 |
| Altitud, msnm | 2.712 |

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales, ESPOCH. (2017).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES.

Se utilizaron 12 colmenas tipo Langstroth de una sola alza completa (cámara de cría), a las cuales se aplicó cuatro tratamientos (Testigo, Acido oxálico, Aceite esencial de romero y Diatomita), a cada tratamiento se asignó 3 colmenas dándonos un total de 12 unidades experimentales, siendo el tamaño de la unidad experimental una colmena de una sola alza.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES.

1. Materiales.

- Acido oxálico.

- Aceite esencial de romero.
- SLICE MAX FORTIFICANTE (Diatomita).
- Manteca vegetal.
- Alcohol.
- Detergente.
- Colmenas.
- Velo, Palanca.
- Ahumador.
- Charola de cartulina.
- Tela blanca (tamiz).
- Brocha.
- Envases de plástico
- Fundas de polietileno.
- Estilete y tijeras
- Jeringuilla desechable de 50 cc y 10 cc.
- Esponjilla de floristería.

2. Equipos.

- Computadora.
- Calculadora.
- Cámara fotográfica.
- Balanza, kg.
- Balanza de precisión.
- Reverbero.

3. Instalaciones.

- Apiario de la Estación Experimental Tunshi de la F.C.P – ESPOCH.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se evaluó el efecto acaricida de tres productos orgánicos (ácido oxálico, aceite esencial de romero y diatomita), frente a un grupo control sin aplicación. Las

unidades experimentales utilizadas fueron homogéneas, distribuyéndose bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), utilizando 3 repeticiones por tratamiento y una colmena como unidad experimental, por lo que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación.

μ = Media general.

α_i = Efecto de los tratamientos.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental.

El esquema del experimento que se empleó se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

| Tratamientos | Código | Repeticiones | T.U.E * | N° colm./trat. |
|-----------------|--------|--------------|---------|----------------|
| Sin aplicación | T0 | 3 | 1 | 3 |
| Ácido Oxálico | T1 | 3 | 1 | 3 |
| A. E. de romero | T2 | 3 | 1 | 3 |
| Diatomita | T3 | 3 | 1 | 3 |
| TOTAL COLMENAS | | | | 12 |

* T.U.E.: Tamaño de la Unidad Experimental.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES.

- Peso inicial de la colmena, Kg.
- Peso final de la colmena, Kg.
- N° Varroas caídas/día pre y pos-tratamiento.
- Porcentaje de infestación de varroa pre y pos-tratamiento.
- Porcentaje de infestación de varroa en las etapas de aplicación.

- Porcentaje de infestación de varroa en cría operculada.
- Eficacia de tratamientos, %.
- Costos de los tratamientos, \$.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA.

Los resultados experimentales obtenidos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza (ADEVA).
- Separación de medias según la prueba de Tukey a los niveles de significancia de $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$.

El esquema del análisis de Varianza se detalla en el cuadro 5.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL ADEVA.

| Fuentes de varianza | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Total | 11 |
| Tratamientos | 3 |
| Error | 8 |

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Para el control de *varroa destructor* mediante la aplicación de tres alternativas (Acido oxálico, aceite esencial de romero y diatomita), se realizaron las siguientes actividades:

Primero se realizó la limpieza y desinfección del apiario utilizándose para esta actividad cal, a fin de evitar en lo posterior la propagación de parásitos. Posteriormente se desarrolló la investigación en dos fases las cuales se detallan a continuación:

1. Diagnóstico de infestación de Varroasis en el apiario.

Esta fase se realizó para la identificación de colmenas que se encuentren con varroa, para lo cual se aplicó la prueba de David De Jong, después de haber reconocidas las colmenas infestadas se procedió a cambiar materiales que estén deteriorados, además se las coloco la numeración e identificación de cada una de las colmenas para la posteriormente aplicar de los tratamientos.

2. Evaluación de los tratamientos.

a. Preparación de materiales para toma de datos.

Para la toma de varroa caídas/ día se cortó una lámina de cartulina gruesa con dimensiones de 32 x 40 cm, la cual se colocó en la base de cada una de las colmenas untada con manteca vegetal.

Para él % infestación de varroas tanto para abejas adultas como para las crías operculadas se utilizó el método de David De Jong, en donde para el primer caso se utilizó recipientes herméticos con la finalidad de tomar las muestras con precisión y para las crías operculadas se utilizó una crolle, una lupa y un recipiente para colocar la muestra sacada con la finalidad de evitar la contaminación del apiario.

b. Preparación de tratamientos.

Acido Oxálico.- se preparó una solución en la proporción (1: 10: 10), es decir 1 kilo de azúcar más 1 litro de agua, más 100 gramos de ácido oxálico, para su elaboración primero se disolvió el azúcar en agua tibia posteriormente esta mezcla fue almacenada en un recipiente tapado y llevada al apiario para ahí ser agregado el ácido oxálico, teniendo de esta manera una mezcla homogénea lista para utilizar.

Aceite esencial de Romero.- se cortó una esponja en cuadritos de 6 cm x 4 cm x 0.5 cm, por otro lado, en el apiario previo a la colocación del tratamiento se

mezcló con ayuda de una jeringuilla 4 mililitros de aceite esencial romero con 4 mililitros de alcohol impregnando esta solución en un cuadrito de esponja recortado anteriormente.

Diatomita.- se aplicó 15 gramos de diatomita por colmena, para lo cual previo a su colocación fue pesada y almacenada en fundas plástica con su respectiva identificación.

c. Aplicación de los tratamientos.

Acido oxálico.- se aplicaron 3 veces a intervalo de 7 días en dosis de 5ml/ bastidor de la solución preparada 1:10:10 (ácido oxálico: Agua: Azúcar) aplicando directa e uniformemente sobre las abejas y los cabezales de los marcos por método de goteo con la ayuda de una jeringuilla de 50cc.

Aceite esencial de Romero.- se utilizó 3 aplicaciones cada 7 días por colmena, en dosis de dos cuadritos/colmena cada pedazo de oasis contenía 8 mililitros de solución (4 mililitros de aceite esencial romero con 4 mililitros de alcohol), estos fueron colocados sobre los cabezales de los bastidores en dos esquinas, a los extremos uno del otro.

Diatomita.- se aplicó 3 veces cada 7 días, en dosis de 15 gramos por colmena mediante espolvoreamiento sobre los cabezales de los marcos y en el espacio entre marcos.

d. Toma de datos.

Las variables, peso de las colmenas, número de varroas caídas, % de infestación, se tomaron a los 5 días pre- aplicación y 30 días posteriores a la última aplicación de los tratamientos, mientras que el % de infestación durante las etapas de tratamiento se tomó a los 17 días después de la primera aplicación de los tratamientos, cabe indicar que al día 21 después de la primera aplicación de los tratamientos se retiraron todos los residuos de los tratamientos.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.

1. N° Varroas caídas/día.

Este parámetro se obtuvo registrando por 5 días consecutivos, pre y pos tratamiento la caída de varroa sobre la lámina de cartulina (32 x 40cm) untada con manteca vegetal que se colocó sobre la base de la colmena, obteniendo estos datos sacamos el promedio de la caída de varroa por día, con el cual se logra determinar una estimación de la población de Varroas en la colmena.

Con el resultado obtenido, se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- de 5 Varroas por día = población baja.

6 - 10 Varroas por día = población media.

2. Porcentaje de infestación de Varroa.

a. En abejas adultas.

Se preparó un recipiente de boca ancha con agua jabonosa al 2 %, luego de los marcos del centro la colmena se hará caer las abejas sobre el recipiente para luego durante unos 1 minutos agitar el recipiente fuertemente. Se destapo y se vierte el líquido con las abejas sobre un fondo de doble tamiz pudiendo contar el número de abejas y el de varroas por separado. La fórmula para evaluar el porcentaje de infestación es la siguiente:

$$\% \text{ De infestación} = \frac{\text{N° de Ácaros colectados}}{\text{N° de Abejas en la muestra}} \times 100$$

b. En cría operculada.

Se tomó panales con crías y se sacó con cuidado las larvas observándose cuidadosamente tanto la larva como el fondo y paredes de las celdas si existe la presencia de varroas. El porcentaje de infestación se determinara a través la siguiente fórmula:

$$\% \text{ De infestación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de celdas con varroa}}{\text{N}^\circ \text{ de celdas desoperculadas}} \times 100$$

3. Eficacia del tratamiento.

Se determinó mediante los datos del % de infestación de varroa pre y pos aplicación de los tratamientos, aplicando la siguiente fórmula:

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

4. Peso de la colmena.

Corresponde al peso total de la colmena la cual consta del peso de las abejas adultas, crías, reservas de alimento, marcos, caja, base, entretapa y tapa.

5. Costos de las tecnologías de los tratamientos.

Se determinó en función al costo por aplicación del producto más el costo de la mano de obra y el costo por transporte, en donde:

- El costo por aplicación del producto, tomara en cuenta la cantidad de producto en estudio utilizado, el número de aplicaciones y todos los materiales utilizados para la aplicación de dicho tratamiento.
- El costo de mano de obra, hace referencia al pago por el trabajo realizado por el tesista y,
- El costo de transporte, ara referencia al valor por movilización para la aplicación de los tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONTROL DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA VARROASIS.

1. Número de Varroas caídas/día pre y pos-aplicación de los tratamientos.

El número de varroas caídas/día pre - aplicación a los tratamientos, en la presente investigación fue de 6,53, 6,53, 6,60 y 5,93 para las colmenas pertenecientes a los tratamientos Testigo, Acido Oxálico, Aceite esencial de romero y Diatomita respectivamente, demostrando unidades experimentales homogéneas al inicio del experimento, obteniéndose un promedio general de 6,40 varroas caídas/día lo que significó una población media de varroas en las colmenas, como se observa en el cuadro 6 y en el gráfico 1.

La caída de *varroa destructor* posterior a la aplicación de los tratamientos no registraron diferencias significativas ($P>0.05$), por efecto de los tratamientos evaluados, aunque numéricamente se establece que cuando las colmenas recibieron SLICE MAX FORTIFICANTE (diatomita) presentaron menores caídas de varroas con un promedio de 1,67 varroas/día, seguido por las colmenas tratadas con el ácido oxálico, aceite esencial de romero con 1,80 y 3,53 varroas/día respectivamente y finalmente el tratamiento testigo con una media de 5,40 varroas/día, como se reporta en el cuadro 7 y en el gráfico 1.

Los resultados obtenidos en la investigación puede deberse a la forma de aplicación, modo acción y la persistencia de los tratamientos al interior de la colmena, es decir que todos los tratamientos afectaron mayormente a las varroas en su estado forético y mas no a las que se encuentran dentro de las celdas, así también estos presentaron un control muy bueno cuando es aplicado el producto, pero después su efectividad decae dando lugar a re infestaciones leves, es así que mediante la aplicación de la diatomita directamente sobre las abejas este logro bajar en mayor proporción la población de *varroas destructor* por una acción mecánica-física, como es ratificado por Benavides (2017), quien manifiesta que SLICE MAX FORTIFICANTE ejerce una acción estrictamente físico-mecánica,

Cuadro 6. INCIDENCIA DE VARROASIS EN COLMENAS *Apis mellifera*.

| Variables | Tratamientos | | | | \bar{x} |
|--|--------------|---------------|---------------------------|-----------|-----------|
| | Control | Ácido oxálico | Aceite esencial de romero | Diatomita | |
| N° Varroas caídas/día pre-tratamiento | 6,53 | 6,53 | 6,60 | 5,93 | 6,40 |
| Infestación Varroas en abejas adultas pre-tratamiento (%) | 5,08 | 5,31 | 5,31 | 5,15 | 5,21 |
| Infestación Varroas en cría operculada pre-tratamiento (%) | 9,44 | 9,45 | 9,28 | 9,17 | 9,33 |
| Peso inicial colmena (Kg) | 18,90 | 18,37 | 18,90 | 18,37 | 18,64 |

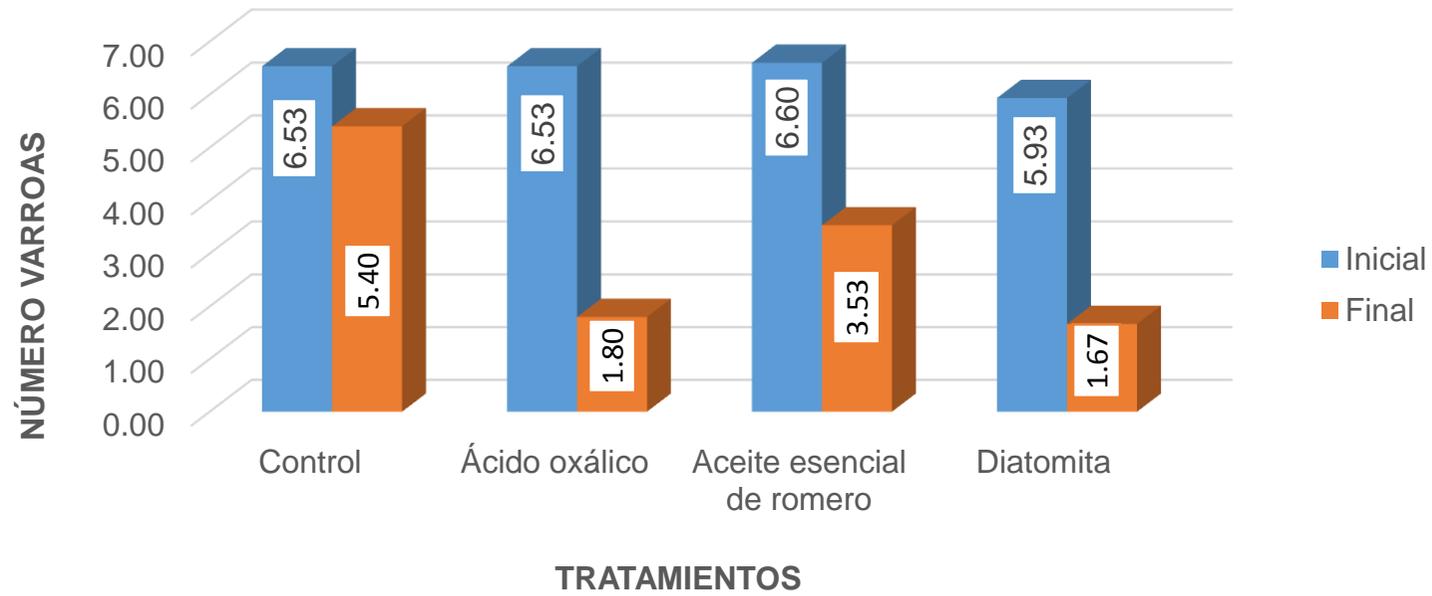


Grafico 1. Varroas caídas/día pre y pos -aplicación de los tratamientos.

Cuadro 7. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE TRES ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *Varroa destructor* EN ABEJAS.

| Variables | Tratamientos | | | | \bar{X} | Prob. | E.E |
|--|--------------|---------------|---------------------------|-----------|-----------|--------|------|
| | Control | Ácido oxálico | Aceite esencial de romero | Diatomita | | | |
| Infestación Varroas en abejas adultas etapas aplicación (%) | 6,41 a | 2,80 b | 2,81 b | 1,94 b | 3,49 | 0,0133 | 0,76 |
| Infestación Varroas en cría operculada etapas aplicación (%) | 11,30 a | 5,22 b | 6,38 b | 6,28 b | 7,29 | 0,0083 | 0,96 |
| N° Varroas caidas/dia pos-tratamiento | 5,40 a | 1,80 a | 3,53 a | 1,67 a | 3,10 | 0,0614 | 0,91 |
| Infestación Varroas en abejas adultas pos-tratamiento (%) | 9,61 a | 2,61 b | 4,58 b | 2,88 b | 4,92 | 0,0003 | 0,67 |
| Infestación Varroas en cría operculada pos-tratamiento (%) | 8,70 a | 2,65 b | 5,41 b | 4,76 b | 5,38 | 0,0013 | 0,65 |
| Eficacia tratamientos (%) | 0,00 b | 50,39 a | 14,44 ab | 44,08 a | 27,23 | 0,0106 | 8,79 |
| Peso final colmena (Kg) | 24,42 a | 23,21 a | 21,24 a | 20,64 a | 22,38 | 0,7797 | 2,89 |

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey ($P < 0.05$ y $P < 0.01$)

\bar{X} : Media general

Prob: Probabilidad

E.E: Error estándar

absorbiendo la cera cuticular, que llevan a la muerte del parásito, por deshidratación a través de la ingestión de este producto produce desgarros y perforaciones en el aparato bucal, exoesqueleto y órganos internos de los parásitos, mientras que para el ácido oxálico se necesita que el acaro entre en contacto con el principio activo como lo manifiesta Nanetti, et al. (1999), citado por Arculeo (2000), quien plantea que el ácido parece actuar por contacto y que la presencia de azúcar en la solución reviste un papel importante como soporte, favoreciendo la acción del principio activo, en cuanto que para el aceite esencial presente un mayor efecto es necesario que este producto este en constante evaporación y que las abejas entren en contacto con el producto, como lo manifiesta Carmona, et al. (2002), citado por Moyón (2013), que resulta necesario el contacto físico de la abeja con el aceite esencial, puesto que sólo por evaporación no resulta suficientemente efectivo.

Si bien, los tratamientos no redujeron el número de varroas caídas durante 24 horas, lograron mantener el desarrollo poblacional del ácaro, lo que es importante para terminar en verano con niveles parasitarios menores.

2. Porcentaje de infestación de varroa en abejas adultas pre y pos-aplicación de los tratamientos.

El porcentaje de infestación de varroasis en abejas adultas al inicio del presente estudio fue de 5,08 %, 5,31 %, 5,31 % y 5,15 % para las colmenas que fueron sometidas a la aplicación de los tratamientos Testigo, Acido oxálico, Aceite esencial de romero y Diatomita respectivamente, alcanzado un promedio general de 5,15 % el cual nos indica que las colmenas en ese momento tenían una infestación natural media de *varroa destructor* y disponiéndose de unidades experimentales homogéneas, como se observa en cuadro 6 y gráfico 2.

El % de infestación de varroa en abejas adultas pos-aplicación presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto de los tratamientos recibidos, por cuanto el mayor porcentaje de infestación se observó en las colmenas que no recibió tratamiento con 9,61 %, en cambio con la aplicación del

tratamiento T1, T3 y T2 los porcentajes de infestación fueron 2,61, 2,88, 4,58 % respectivamente, por lo que se denota que el ácido oxálico, diatomita y aceite esencial de romero presentan una mejor acción sobre la varroa en estado forético, como se muestra en el cuadro 7 y grafico 2.

Estas diferencia estadísticas puede deberse a que el ácido oxálico, la diatomita y el aceite esencial de romero solo actúan en la fase forética lo cual daría que una vez que termine el efecto del producto nuevamente comience una re infestación con una población baja de varroas además durante el desarrollo del experimento existían cambios ambientales los cuales pueden interferir en la acción de los tratamientos. Según los datos obtenidos, se puede observar que el ácido oxálico redujo en mayor proporción la población de ácaros sobre el cuerpo de las abejas, como lo manifiesta Arculeo (2000), que este ácido ha demostrado tener una alta actividad acaricida en ensayos de campo realizados durante los periodos en los que las colonias permanecen sin cría, sin embargo su acción se ve afectado por la presencia de cría operculada y factores externos como lo manifiesta Nanetti, et al. (2003), Bacandritsos, et al. (2007), citado por Sabahi, et al. (2017), quienes mencionan que la acción del ácido oxálico se ven afectado por numerosas variables, como el patrón de las condiciones climáticas influenciadas por la temperatura ambiente y la humedad relativa, estas variables pueden afectar algunas propiedades de los ácidos orgánicos y aceites esenciales, como su velocidad de evaporación, lo que a su vez puede afectar la exposición de los ácaros a estos productos, lo cual es crucial para el control exitoso de los ácaros, también 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, en tanto que para que el tratamiento testigo disminuya la infestación de varroa sería necesario que la reina cesase la postura ya que las varroas como lo manifiesta Vandame (2000), quien manifiesta el nivel de infestación de la varroa está íntimamente relacionado a la puesta de la reina, debido a que este acaro realiza su fase de reproducción en cría operculada de abeja.

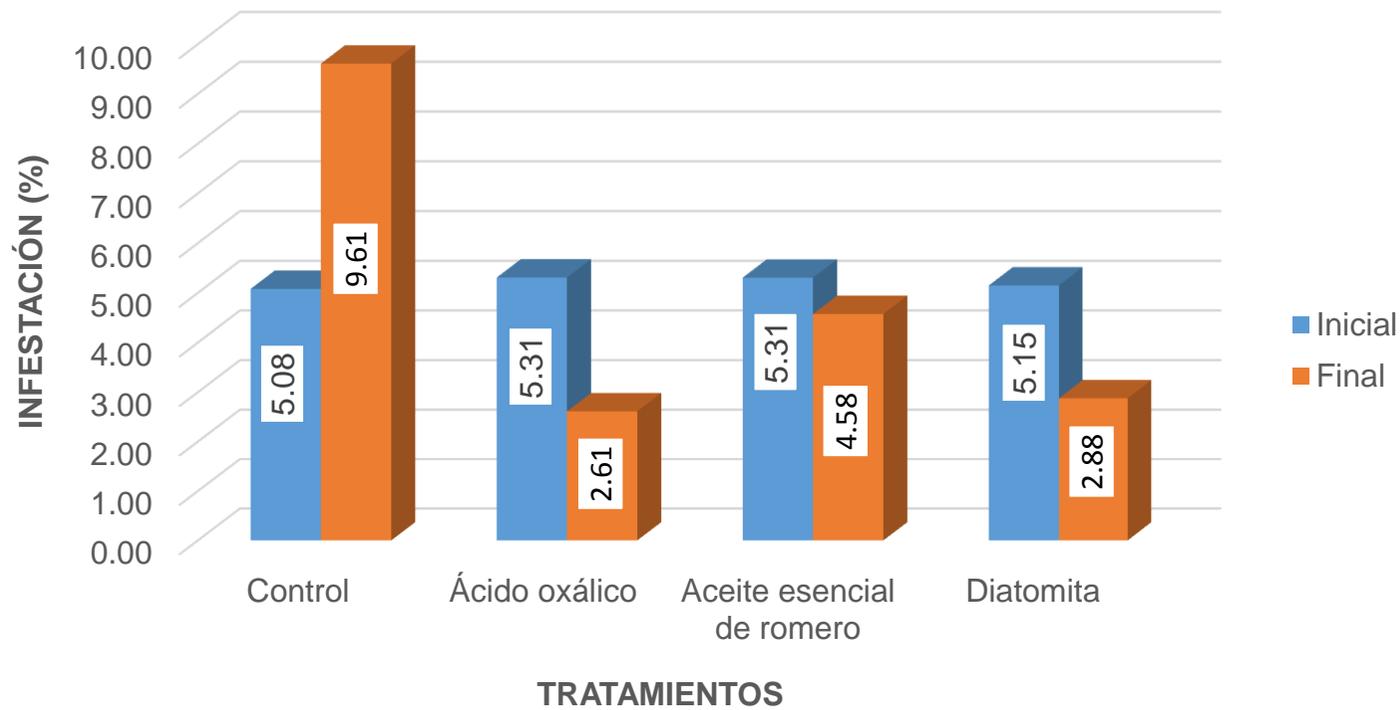


Grafico 2. Porcentaje de infestación de Varroas en abejas adultas pre y pos-aplicación de los tratamientos.

3. Porcentaje de infestación de varroa en cría operculada pre y pos aplicación de los tratamientos.

El porcentaje de infestación de varroas en cría operculada pre- aplicación a los tratamientos en el presente estudio fue de 9,44, 9,45, 9,28 y 9,17 % para las colmenas pertenecientes a los tratamientos Testigo, Acido Oxálico y Diatomita respectivamente, presentando unidades experimentales homogéneas al inicio del experimento, obteniéndose un promedio general de 9,23 % lo que significó que las colmenas en ese momento tenían una infestación natural media de varroa destructor, como se reporta en el cuadro 6 y en el gráfico 3.

El % de infestación de varroasis en cría operculada pos-aplicación de los tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), de esta manera en las colmenas sometidas al tratamiento de ácido oxálico, diatomita y aceite esencial de romero presentaron los menores promedios de infestación de varroas con 2,65, 4,76 y 5,41 % respectivamente, seguido por el tratamiento testigo con un promedio de 8,70 % de infestación de varroa en las crías operculadas, como se reporta en el cuadro 7 y en el gráfico 3.

Estas diferencias pueden deberse a que durante la realización de nuestra investigación existió condiciones favorables para que las colmenas presentaran población de cría operculada en donde según Vandame (2000), indica que el nivel de infestación de la varroa está íntimamente relacionado a la puesta de la reina, debido a que este acaro realiza su fase de reproducción en cría operculada de abeja, de tal manera en climas templados su desarrollo es más rápido que en condiciones de clima nórdico en donde la reina bloque su postura hasta por seis meses al año y provoca una reducción de 50% de la población de la varroa.

Por lo cual mediante nuestros datos obtenidos se puede asegurar que los tratamientos aplicados tienen una menor incidencia en presencia de cría operculada, como lo manifiesta Charriere & Imdorf (2001), quienes mencionan

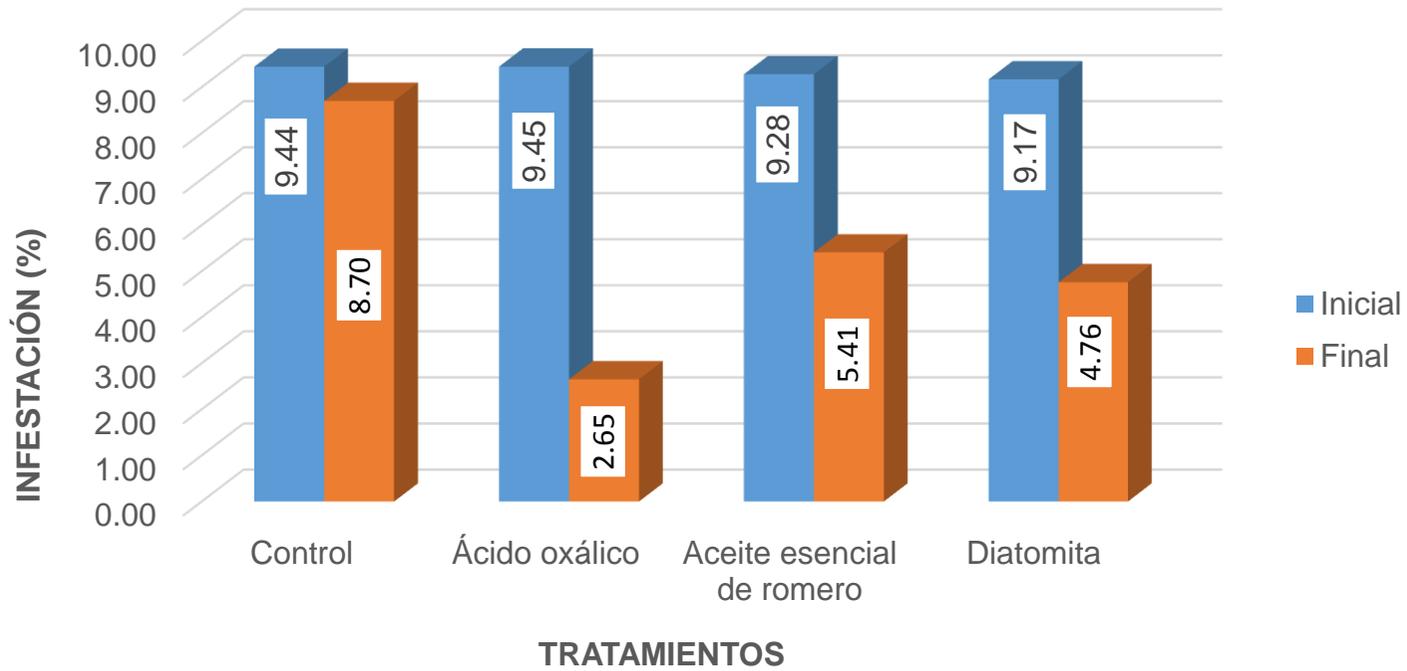


Grafico 3. Porcentaje de infestación de Varroas en cria operculada pre y pos- aplicación de los tratamientos.

que el ácido oxálico no es efectivo contra varroa cuando en las colonias está presente cría esto debido a que el ácido no afecta a las varroas presentes dentro de la cría sellada, sin embargo este tratamiento presenta mayor control de la infestación de varroa, posteriormente el tratamiento diatomita y el aceite esencial de romero esto pudiendo deberse a que si bien los tratamientos no tienen la facilidad de entrar cuando la cría de abeja esta operculada, puede ejercer una mayor efectividad sobre los ácaros en estado forético, en celdas con cría abierta y sobre los ácaros que salen de las celdas, evitando de esta forma la reproducción del acaro.

Además esta baja influencia sobre los ácaros en cría operculada se puede deber a factores tales como al tiempo de permanencia de los productos dentro de la colmena y los intervalos de tiempo entre las aplicaciones en donde la acción de estos tratamientos no permaneció constante hasta las nuevas aplicaciones, en el caso del aceite esencia de romero este debe evaporarse lentamente para mantener su acción acaricida como lo ratifica Imdorf, et al. (1999), los aceites esenciales deben de tener una evaporación pasiva. Para el tratamiento control el % de infestación fue disminuyendo esto puede deberse a que la reina ceso la postura y procuro almacenar mayor cantidad de alimento (néctar y polen), así como es posible que estas abejas tuvieran un comportamiento higiénico en el cual podían identificar larvas y crías de abejas infestadas por varroa y estas los eliminaban.

4. Porcentaje de infestación de Varroa destructor en abejas adultas y cría operculada durante la aplicación de los tratamientos.

El porcentaje de infestación durante la aplicación de los tratamientos registraron diferencias significativas ($P < 0.05$), de esta manera las colmenas sometidas al tratamiento de la diatomita, ácido oxálico y aceite esencial de romero presentaron los menor promedio de infestación de varroas con 1,94, 2,80 y 2,81 % respectivamente, finalmente el testigo tuvo un promedio de 6,41 % de infestación de varroa en las abejas adultas, como se observa en el cuadro 7 y grafico 4. En tanto que el porcentaje de infestación en cría operculada durante la misma etapa

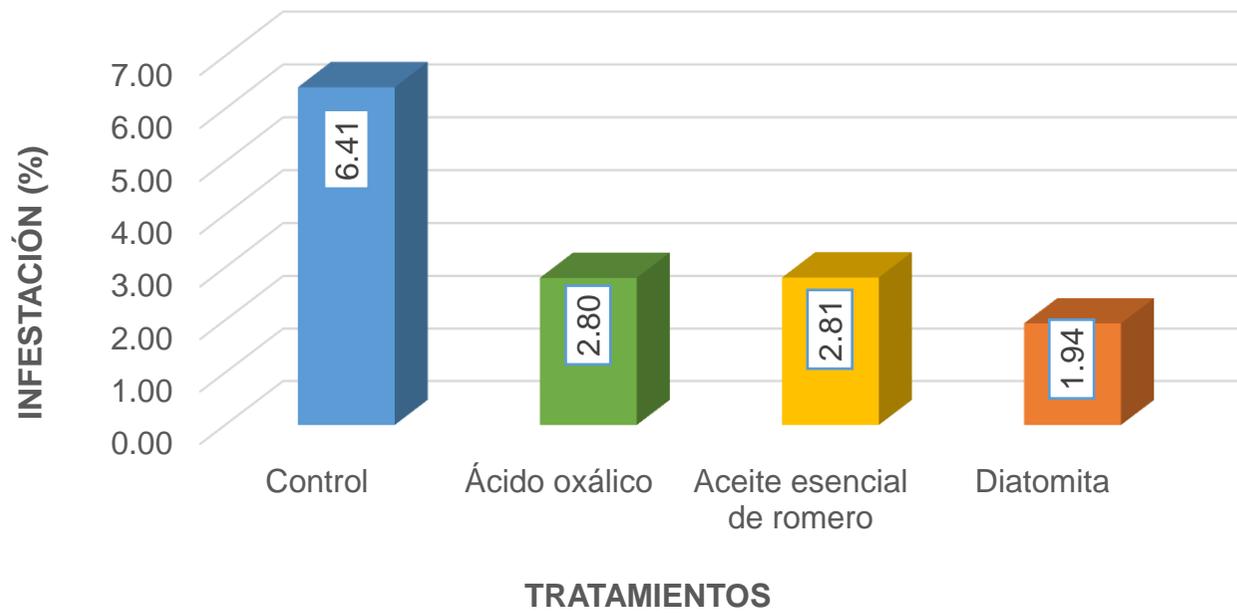


Grafico 4. Porcentaje de infestación de Varroas en abejas adultas durante la aplicación de los tratamientos.

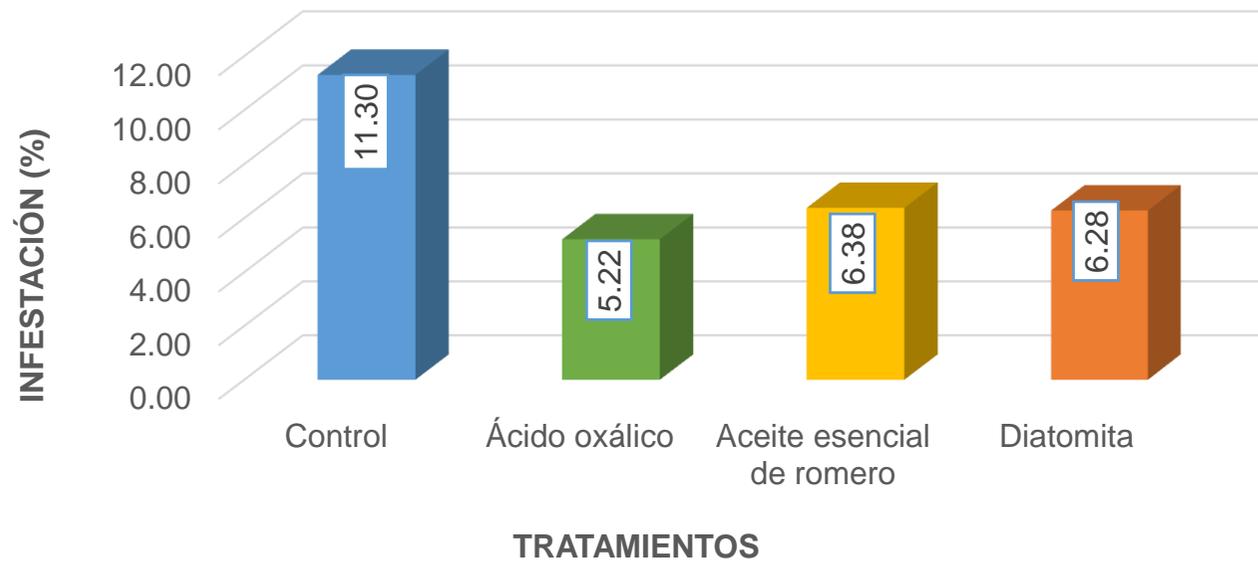


Grafico 5. Porcentaje de infestación de Varroas en cría operculada durante las aplicaciones de los tratamientos.

de aplicación de los tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), en donde las colmenas tratadas con ácido oxálico, diatomita y aceite esencial de romero presento los menores promedios de infestación con 5,22, 6,28, y 6,38% respectivamente, finalmente el testigo presento una infestación del 11,30% en cría sellada, como se reporta en el cuadro 7 y en el grafico 5.

Estos datos se tomaron a los 17 días de la primera aplicación de los tratamientos, con el fin de controlar la varroasis, y nos indica que los tratamientos diatomita, ácido oxálico y aceite esencial de romero lograron reducir la población de varroa adulta, consiguiendo una disminución de 3,21, 2,51 y 2,50 puntos porcentuales de infestación de varroa en abejas adultas respectivamente, finalmente para el testigo no se observó una disminución más bien existió un incremento de 1,33 puntos porcentuales de infestación de varroa en estado forético. En el caso de las crías operculadas se consiguió una reducción de varroas de 4,23, 2,90 y 2,89 para los tratamientos ácido oxálico, aceite esencial de romero y diatomita respectivamente, y por ultimo al tratamiento testigo el cual presento un aumento de 1,86 puntos porcentuales de infestación de varroa en estado reproductivo.

5. Eficacia de los tratamientos aplicados.

La eficacia de la aplicación de los tratamientos para controlar la varroa en estado forético presento diferencias significativas ($P < 0.05$), alcanzándose las mejores respuestas cuando se utilizó ácido oxálico y diatomita ya que las colmenas presentaron una eficiencia media de 50,39 y 44,08 % respectivamente, seguido de las colmenas que se les suministro el aceite esencial de romero y el testigo con 14,44 % y finalmente el tratamiento testigo que no tuvo eficacia en el control de varroa, como se muestra en el cuadro 7 y en el grafico 6.

Los resultados obtenidos para el ácido oxálico en esta investigación son superiores a los registrados por Gregorc & Planinc (2001) citados por Gregorc & Planinc (2005), quienes han encontrado una eficacia muy baja en el control de Varroa de sólo un 39,2 % en presencia de cría, en contraparte a un 99,4 % de eficacia en el control en colmenas con ausencia de cría.

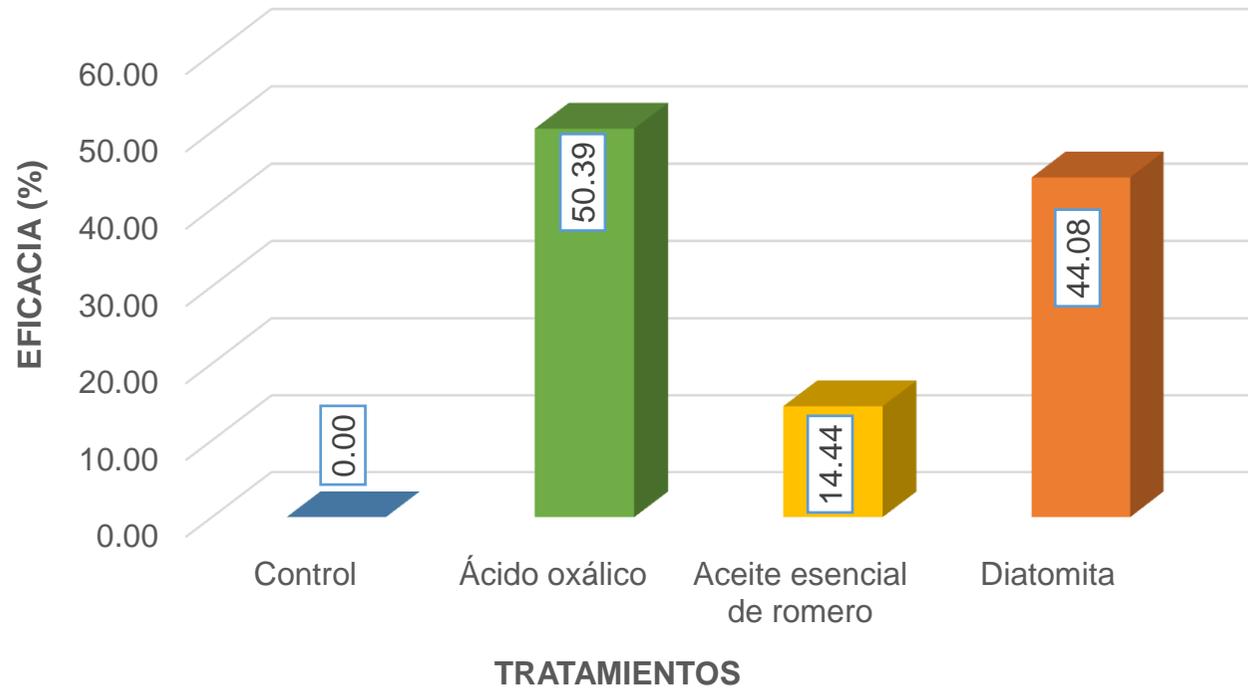


Grafico 6. Eficacia de los tratamientos.

Así mismo estos resultados son inferiores a los reportados por Arculeo (2000), citado por Silva (2006), quien obtuvo eficacias de 94.1% sin cría de abejas y 82,8% con cría, para la aplicación del ácido al 10 % en solución azucarada 1:1, mientras que Moyón (2013), reporta que al aplicar ácido oxálico al 10 % directamente sobre las abejas por método de goteo con cuatro aplicaciones cada cinco días obtuvo una eficiencia de 84,45 % en presencia de cría, así mismo Silva (2006), aplicó a las abejas infestadas con varroa destructor ácido oxálico en concentraciones de 5 %, 10 % y 20 %, mismos que fueron diluidos en un jarabe azucarado 2:1 (agua/azúcar), este producto fue aplicado en otoño durante cuatro aplicaciones cada 5 días, obteniendo eficacias del 96.2, 97.9 y 96.4 %, para los tratamientos al 5, 10 y 20 % de concentración, respectivamente.

Mientras que los resultados obtenidos se asemejan a los datos registrados por Flores, et al. (1997), citado por Silva (2006), reporta que al aplicar este ácido oxálico en concentraciones de 3.4, 3.7 y 2.9 %, en presencia de cría, encontraron eficacias promedios de 52.28, 40.66 y 39.16 %, respectivamente.

En consecuencia Charriere & Imdorf. (2001) manifiestan que la buena eficacia del ácido oxálico es sólo posible de encontrar cuando la aplicación se hace sobre colmenas que presentan una mínima cantidad de cría, ya que este ácido no afecta las varroas que se encuentran al interior de las celdillas operculadas.

El porcentaje de eficiencia obtenida en esta investigación para SLICE MAX FORTIFICANTE (diatomita) y el Aceite esencial de romero son menores a las reportados por Franco (2009), quien obtuvo eficiencias de 80 y 53,62 % cuando utilizó como control alternativo del ácaro Varroa destructor gel con 5 % de aceite esencial de Eucalipto y gel con 15 % de extracto comercial de Nim respectivamente, en tanto que Portales (2003), realizó una aplicación primaveral de mentol reportando una eficiencia de 56,5 % al utilizar 27 g de mentol (diluidas en etanol al 30 %), aplicado en tabletas de vermiculita con 5 aplicaciones cada 5 días, permitiendo disminuir la infestación inicial, bajando ésta a la mitad.

Mientras que Sabahi, et al. (2017), aplicó una mezcla de aceites de orégano y clavo en una solución de etanol-gelatina impregnada en compresas absorbentes y el aceite de orégano solo se administró utilizando vaporizadores eléctricos obteniendo eficacia de 57.8 ± 12.79 y 97.4 ± 0.68 %, respectivamente, además Vandame (2000), al utilización cristales de timol, en dosis de 8 g por colmena disueltos en alcohol o simplemente en polvo, obteniendo una eficiencia 82 %.

Al observar los resultados de la investigación se puede denotar que la eficiencia para el ácido oxálico y la diatomita no fue la óptima la cual se ve afectado debido a que los productos necesitan estar en contacto con las varroas para ejercer su acción acaricida, en este sentido las abejas juegan un papel importante para la distribución de los tratamientos por toda la colmena, además que su modo de acción afecta más a las varroas en estado forético y no a las que se encuentra en estado reproductivo, así también otro aspecto que puede influir es que estos productos no presentan un amplio rango de mantener su acción dentro de la colmena ya que se aplicaron 3 veces cada 7 días en donde es posible que para las nuevas aplicación ya haya existido una re infestación leve del acaro y los productos reducían la incidencia de manera paulatina, en este sentido al observar el porcentaje de infestación durante la aplicación de los tratamientos y al final de los mismos se reporta que el ácido oxálico seguía manteniendo su acción acaricida en pequeña proporción sin embargo para la diatomita se registra un incremento de 0,94 %, en consecuencia si se utilizara a intervalos de tiempo más cortos la reducción del paracito seria en forma ascendente, lo mencionado anteriormente se ratifica con lo citado por Vandame (2000), quien manifiesta que para obtener buenos resultados al utilizar ácido oxálico se necesita dar cuatro aplicaciones a intervalos de cuatro días por. Para el Aceite esencial de romero su baja eficiencia se debe a que el producto se evaporo muy rápidamente dentro de la colmena produciendo un efecto momentáneo sobre las varroas, en donde después de su acción comenzaba la contaminación de la colmena nuevamente, observándose una re infestación de 1,77 %. En el caso del tratamiento testigo se observó una re infestación que va en aumento de 3,20 %, debido a que la reina no suspendió la postura y las abejas no tienen el poder se acicalamiento.

7. Peso de las colmenas pre y pos-tratamientos.

Para determinar el peso de las colmenas se consideró el peso del recurso biológico (abejas, alimento) y de los materiales (caja, marcos) en donde se pudo determinar que el peso de las colmenas al inicio del presente trabajo, registraron un peso promedio de 18,64 kg, ya que variaron entre 18,37 y 18,90 kg (cuadro 6, grafico 7), alcanzo al final de la investigación pesos que no fueron diferentes estadísticamente ($P>0,05$) por efecto de la acción acaricida de los tratamientos empleados, aunque registraron pequeñas diferencias numéricas, correspondiéndoles el mayor peso (24,42 kg) a las colmenas que no recibieron ningún tratamiento, seguidas de las que recibieron el tratamiento ácido oxálico y aceite esencial de romero que presentan un peso medio de 23,21 y 21,24 kg respectivamente, en tanto que el menor peso se determinó en colmenas a las que se les suministro la diatomita presentando una media de 20,64 kg como se reporta en el cuadro 7 y grafico 7, por lo que puede considerarse que estas respuestas dependieron más del peso de las colmenas con las que iniciaron la investigación que de la aplicación de los tratamientos, así como también a la presencia de floración en la zona de estudio, en este sentido la entrada de flujos de néctar y polen estimulo la ovoposición de la reina, generando un efecto positivo en su comportamiento productivo y reproductivo de las colmenas.

En el caso de los pesos obtenidos al aplicar Slice Max Fortificante estos son los más bajos reportados en nuestra investigación los cuales pueden deberse a que además de ejercer una acción sobre el acaro varroa también disminuyo la población de pecoreadoras y nodrizas, contribuyendo de esta manera a la faja entrada de néctar, polen y poco cría, además su bajo peso se debe a que las abejas que soportaron el tratamiento al interior de la Coleman tuvieron un mayor consumo de miel y polen que a la recolectadas por las abejas, sin embargo después que pasara el efecto del tratamiento empezaba una repoblación normal de las abejas para aprovechar la floración por lo cual no se observa una gran diferencia numérica en relación a las colmenas con mayor población (T0 y T1).

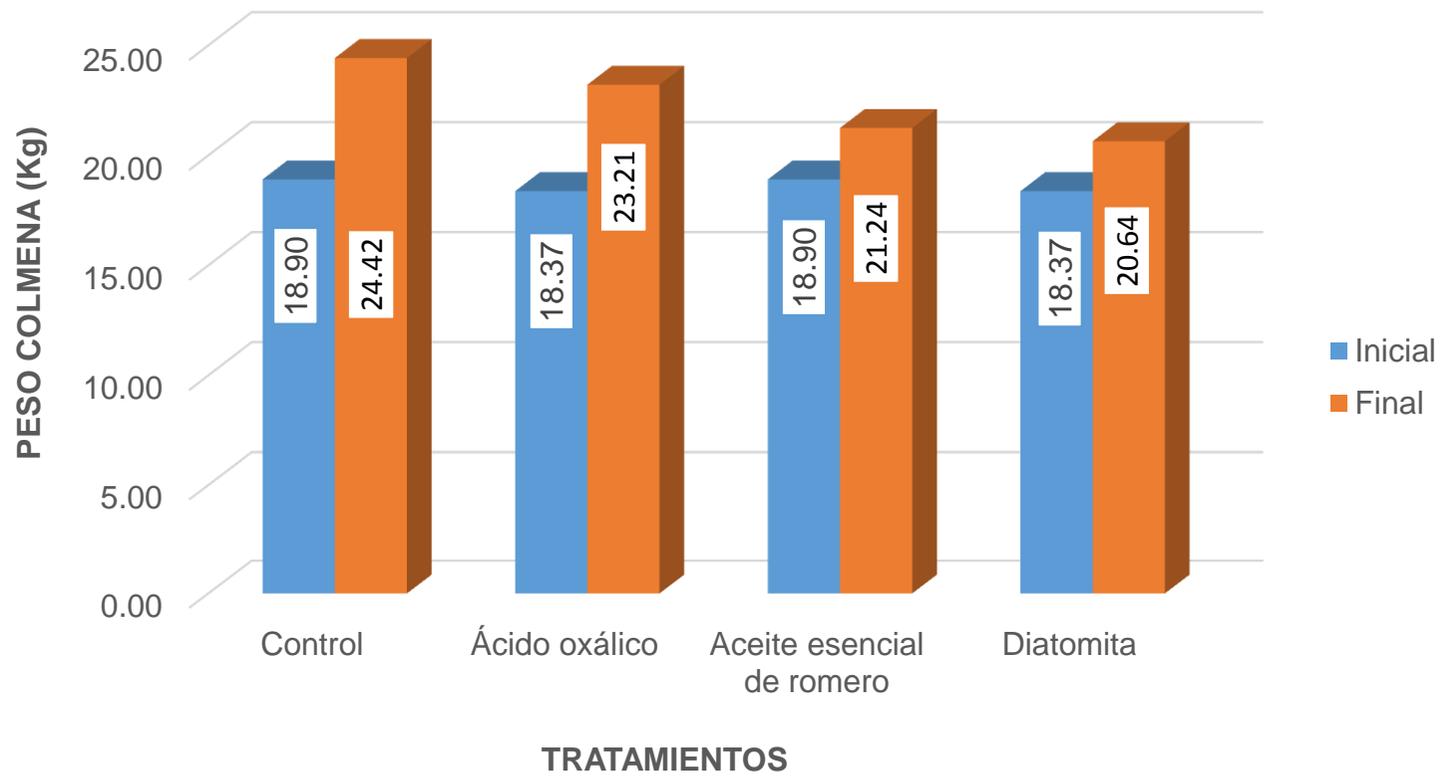


Grafico 7. Peso inicial y final de las colmenas

B. COSTOS DE LA TECNOLOGÍA DE TRES ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE VARROASIS.

El costo de la tecnología se determinó en función al costo por aplicación de cada tratamiento más el costo de la mano de obra y por el transporte, cabe indicar que estos costos se encuentra divididos para tres colmenas, puesto que se utilizaron tres colmenas por tratamiento, observando mediante los resultados obtenidos un menor costo/colmena tratada para SLICE MAX FORTIFICANTE con \$ 5,48 dólares, en donde el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación costaron \$ 0,33, mano de obra \$ 2,90 y el transporte \$ 2,50, seguido por el ácido oxálico con un costo/colmena tratada de \$5,87, en el cual el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación es de \$ 0,77, a continuación se encuentre el aceite esencial de romero el cual presento un costo/colmena tratada de \$ 19,07 de los cuales el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación es de \$ 13,99, y finalmente el testigo con un costo de \$ 5,15, cabe indicar que todos los tratamientos tuvieron 3 aplicaciones cada 7 días en donde el costo por mano de obra y transporte son los mismos para todos los tratamientos, como se observar en el cuadro y grafico 8.

Se puede determinar que el menor costo considerando el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación se obtiene al utilizar SLICE MAX FORTIFICANTE con \$ 0,33, seguido por Acido Oxálico con \$ 0,77 y finalmente el Aceite Esencial de Romero con \$ 19,07, datos que se asemejan a los costos reportados Moyon (2013), que al utilizar ácido Oxálico al 10% con 4 aplicaciones con intervalo de cuatro días es de \$ 1,43/ colmena, seguido por el tratamiento timol al 99 % diluido en aceite de oliva con dos aplicaciones cada 8 días con un costo de \$ 13,01 /colmena, además reporta que el costo de estos tratamientos incluyendo el precio del producto, mano de obra y transporte fueron de \$ 13,20 y \$ 18,9 para el ácido oxálico y timol respectivamente, mientras que Espinosa & Guzmán (2007), citado por Moyón (2013), reportan que el costo de los tratamientos, incluyendo el precio del producto y los gastos de mano de obra y transportación, fue para timol a dosis de 12.5 g (37.76 pesos, 3.45 dólares) que con timol a dosis de 25 g (70.21 pesos, 6.42 dólares).

Cuadro 8. COSTOS DE TECNOLOGÍA DE TRES ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE *Varroa destructor*.

| Concepto | Tratamientos | | | |
|-------------------------|--------------|---------------|---------------------------|-----------|
| | Testigo | Ácido oxálico | Aceite esencial de romero | Diatomita |
| Aplicación Tratamientos | 0 | 0,72 | 13,92 | 0,33 |
| Transporte | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 2,25 |
| Mano de obra | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| Total costos | 5,15 | 5,87 | 19,07 | 5,48 |

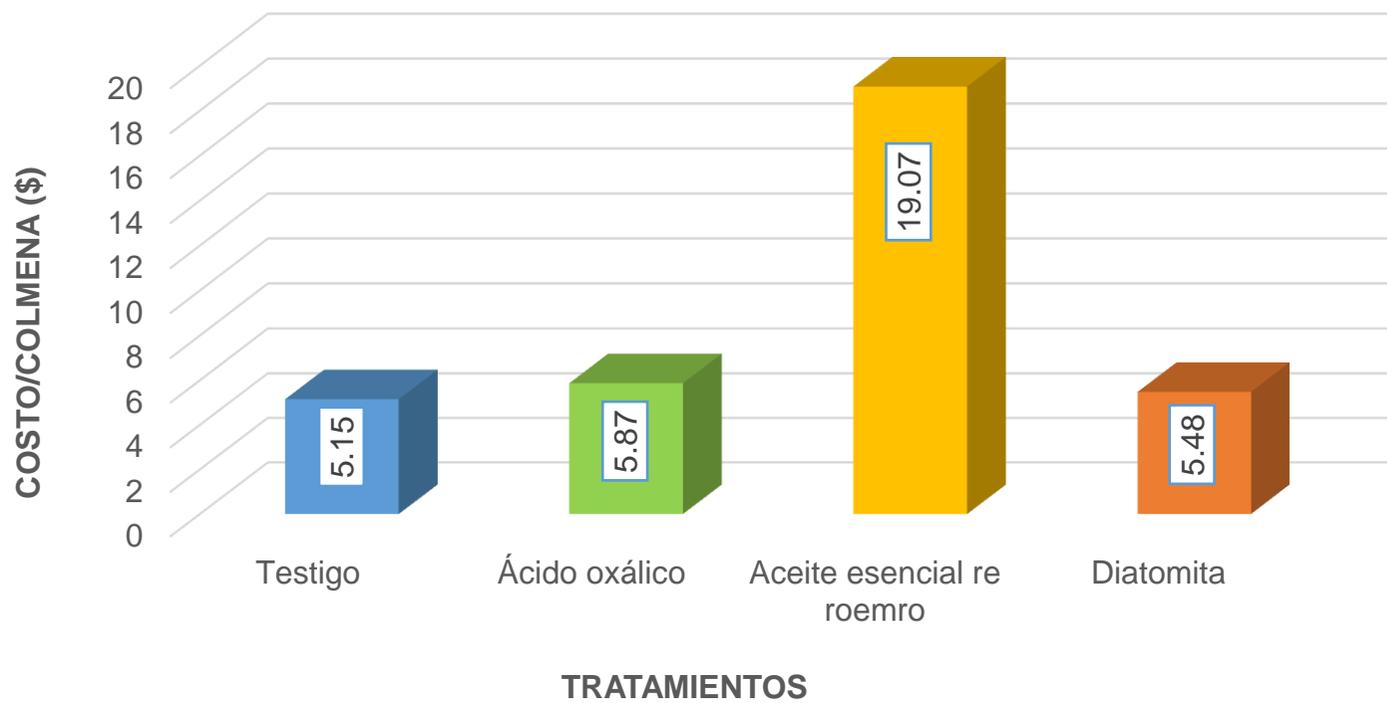


Grafico 8. Costo de tecnologías por colmena tratada.

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se permite manifestar las siguientes conclusiones:

1. El porcentaje de infestación de varroa al final en las colmenas proporciono la información para determinar la eficiencia de los tratamientos donde el Ácido Oxálico y SLICE MAX FORTIFICANTE presentaron un 50,39 y 44,08 % de eficacia respectivamente, seguidos del tratamiento Aceite Esencial de Romero con un 14,44 % de control, lo que los situó en esta investigación como los tratamientos con un mayor porcentaje de control en comparación al testigo.
2. Se determinó que la utilización de Ácido Oxálico tres veces cada siete días reduce la población de varroas obteniéndose al final del estudio el menor número de varroas caídas/día con 1,80 varroas, permite obtener menores porcentajes de infestación tanto en abejas adultas como en cría operculada en 2,61 y 2,65 % respectivamente, teniendo un efecto positivo tanto producto como reproductivo para las colmenas tratadas, alcanzo un peso final promedio de 23,21 kg cada colmena.
3. Económicamente el costo por colmena tratada para controlar la Varroasis es menor al utilizar SLICE MAX FORTIFICANTE y Acido Oxálico con valores de 5,48 y 5,87 dólares americanos/colmena tratada respectivamente, mientras que se incrementa al utilizar Aceite Esencial de Romero con un costo de 19,07 dólares/colmena tratada.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Aplicar Acido oxálico en colonias que presenten poca cría opercular y disminuir los tiempos entre aplicaciones para facilitar que el producto se mantenga dentro de la colmena ejerciendo así una mayor acción contra el acaro varroa.
2. SLICE MAX FORTIFICANTE presento en esta investigación propiedades para controlar la Varroasis a más de ser económico, por ello se hace necesario realizar investigaciones futuras con diferentes dosis del producto y mediante otros métodos de aplicación con el fin de controlar a la *Varroa destructor* y evitar la muerte de las abejas.
3. Utilizar el aceite esencial de romero mediante métodos que permitan una evaporación pasiva del producto además que es necesario que se aplique en soportes que faciliten la distribución del aceite entre las abejas.
4. Realizar nuevos ensayos para determinar la factibilidad de los tratamientos utilizados en esta investigación a través del indicador beneficio/costo.

VII. LITERATURA CITADA.

1. Agropuli. (2010). Protocolo mineral tierra de diatomeas. Recuperado el 10 de enero del 2017 de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/insecticida-tierra-diatomeas/insecticida-tierra-diatomeas.pdf>.
2. Amrine, J., Noel, B., Mallow, H., Stasny, T., & Skidmore, R. (2003). Using essential oils for honey bee mite control. Recuperado el 12 de enero del 2017 de <http://www.wvu.edu/~agexten/varroa/varroa2.htm>.
3. Anderson, D., & Trueman, J. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) es más que una Especie; acorologia experimental y aplicada. Buenos Aires - Argentina. pp.5, 9,12
4. Apiservices. (2017). Potencial y límites del ácido oxálico para luchar contra Varroa. Recuperado el 18 de febrero del 2017 de <http://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1216-potencial-y-limites-acido-oxalico>.
5. Arculeo, P. (2000). Ácido oxálico. Experiencia realizada en el sur de Italia. *Vida apícola*. pp. 102, 44-48.
6. Bacci, M. (2008). Tratamiento y productos para el control de Varroa. Recuperado el 22 de marzo del 2017 de http://www.sada.org.ar/Artículos/Técnicos/tratamientos_y_productos.htm
7. Benavides, E. (2017). Agro orgánicos. Ficha técnica de slice max fortificante (Algas naturales fosilizadas – SiO₂). Riobamba.
8. Charriere, J., & Imdorf, A. (2001). Trickling treatment with oxalic acid: trials during 1999/2000 and recommendations for Central Europe. Recuperado el 12 de diciembre del 2016 de http://www.apis.admin.ch/index_e.htm.

9. Comisión Nacional Apícola De El Salvador. CONAPIS. (1999). Control alternativo de varroa: III Encuentro Nacional de Apicultores. El Salvador. pp. 6, 10, 13, 19.
10. De Felipe, M., & Vandame, R. (1999). Curso de capacitación sobre control alternativo de varroa. México D.F: Limusa. pp. 4, 7, 11, 12, 22.
11. Departamento Agrometeorológico de la Facultad de Recursos Naturales. (2017). Condiciones Meteorológicas. Riobamba - Ecuador.
12. Eguaras, M. (2006). El ácido oxálico como agente de control de varroa destructor. Mar del Plata - Argentina.
13. Franco, A. (2009). Evaluación de tres productos naturales para el control alternativo del ácaro varroa (*varroa destructor anderson & truman*) en colmenas de abejas (*Apis mellifera L.*) usando gel como sustrato portador. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad de San Carlos De Guatemala. Guatemala.
14. Gómez, P. (2007). Mecanismos biológicos de defensa de la colmena. IX Jornada Malagueña de Apicultura. Antequera - España. pp. 23 - 31
15. Handal, C. (2000). Apicultura. San Salvador - El Salvador. Crecer/cordes. pp.16.
16. Higes, L., Llorente, A., & Sanz, J. (1989). Sensibilidad al fluvalinato. Madrid – España: De Vanchi. pp.26.
17. Higes, M., Sanz, A., Llorente, J., Suárez, M., & Pérez, J. (1998). Influencia del método de aplicación en la eficacia acaricida del ácido oxálico frente a *Varroa jacobsoni*. Castilla - La Mancha. pp. 592-595.

18. Higes, M., Suárez, M., & Llorente, J. (1997). "Comparative field trials of varroa mite control with different components of essential oils", *Research and reviews in Parasitology* 57(1): pp. 21-24
19. Korunic, Z. (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research*, 34 (2/3): pp. 8797.
20. Manual De Patología Apícola. (2011). Enfermedades apícolas. Recuperado el 22 de marzo del 2017 de <http://www.den.ufla.br/siteantigo/Professores/Alcides/Disciplinas/patologia%20apicola.pdf>.
21. Martin, P. (1998). Imports into the EU from third countries: veterinary requirements. *Memorias del XII Seminario Americano de Apicultura*. Mérida - México.
22. Moyón, J. (2013). Evaluación de tres alternativas para el control de Varroasis varroa destructor en tres apiarios de la provincia de Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. pp. 42-78.
23. Mutinelli, F., Baggio, A., Capolongo, F., Piro, R., Prandin., L & Biasion, L. (1997). A scientific note on oxalic acid by topical application for the control of varrosis. *Apidologie*. pp 28, 461-462.
24. Nanetti, A. (2007). Uso de ácido oxálico y otros productos de origen natural para el control de varroa, pros y contras. *Agro sur*, vol.35, no.1, p.48-50. ISSN 0304-8802.
25. Naturísima. (2017). ¿Qué son los aceites esenciales? Recuperado el 12 de enero del 2017 de <https://www.naturisima.org/que-son-los-aceites-esenciales/>

26. Nazzi F., Milani N., Vedova G., & Nimis, M. (2006). Atracción de varroa destructor por las señales de cría, sobre la base de las señales emitidas por el alimento larval. Cordova - Argentina. pp. 128 - 133
27. Polaino, C. (2007). Manual Práctico del Apicultor. Editorial MMVI. Madrid - España. pp. 393
28. Portales, D. (2003). Aplicación primaveral de mentol para el control de Varroa destructor Anderson & Trueman, en *Apis mellifera* L. (Tesis de grado. Licenciado en Agronomía). Universidad Austral De Chile. Valdivia – Chile.
29. Prost, P. (1995). Apicultura, Complementos Sobre la Varroasis. Trad. E.A Sierra. (3ª. ed). Madrid, España. Mundi Prensa. pp. 20, 30, 227- 243.
30. Rivera, R. (2004). Curso Taller Sanidad Apícola. SCAES. Nueva San Salvador - El Salvador. pp. 63.
31. Root, A. (2003). Abc y xyz de Apicultura. Agt editor. pp. 35-44 y 602-605.
32. Rosales, C. (2007). Comportamiento higiénico en abejas melíferas (*Apis mellifera*) en Zacatecas. Revista Investigación Científica. Vol 3. pp. 2
33. Sabahi, Q., Gashout, H., Kelly, Pg & Col. (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>
34. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural. SAGARPA. (2011). Manual de patología apícola. Recuperado el 22 de marzo del 2017 de

[http://www.den.ufla.br/siteantigo/Professores/Alcides/Disciplinas/patología%20apicola.pdf](http://www.den.ufla.br/siteantigo/Professores/Alcides/Disciplinas/patologia%20apicola.pdf).

35. Sanford, M. (1997). Oils of essence. Recuperado el 2 de marzo del 2017 de <<http://www.ifas.ufl.edu/~mts/apishtm/apis97/apjan97.htm#3>>
36. Santoyo, S., Cavero, S., Jaime, L., Ibáñez, E., Senorans, F., & Reglero, G. (2005). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oil Obtained via Supercritical Fluid Extraction. *Journal of Food Protection* 68(4): 790-795.
37. Schopflocher, R. (1996). *Apicultura Lucrativa*. (10a ed.). Buenos Aires – Argentina: Albatros. pp. 9-12, 182-183.
38. Silva, A. (2006). Evaluación del ácido oxálico sobre varroa destructor Anderson y Trueman (acari: mesostigmata), aplicado en otoño sobre colonias de *Apis mellifera* L (hym: apidae). (Tesis de grado. Licenciado en Agronomía). Universidad Austral De Chile. Valdivia – Chile
39. Vandame, R. (2000). Control alternativo de varroa en apicultura. Recuperado el 25 de diciembre del 2016 de <<http://www.geocities.com/sitioapicola/organica/remy/remyvandame.html>>
40. Vandame, R., Colin, M., & Otero, G. (1995). Dinámica comparativa de las poblaciones de *Varroa Jacobsoni* en las colonias de abejas europeas y africanizadas en Córdoba, Ver. IX Seminario Americano de Apicultura. Colima - México. pp. 24 -33

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico del número de varroas/día pre-aplicación a las tres alternativas para controlar la Varroasis.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|---------|---------|---------|-----------|
| TOTAL | 11 | 2,72000 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 0,88000 | 0,29333 | 1,27536 | 0,34674 |
| ERROR | 8 | 1,84000 | 0,23000 | | |
| C.V. % | 7,49 | | | | |
| MEDIA | 6,40 | | | | |
| E.E | 0,28 | | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 6,53 | a |
| Ácido oxálico | 6,53 | a |
| Aceite esencial de romero | 6,60 | a |
| Diatomita | 5,93 | a |

Anexo 2. Análisis estadístico del porcentaje de infestación pre-aplicación de los tratamientos en abejas adultas y cría operculada.

A. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN EN ABEJA ADULTA.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|---------|---------|---------|-----------|
| TOTAL | 11 | 1,13520 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 0,11927 | 0,03976 | 0,31305 | 0,81570 |
| ERROR | 8 | 1,01593 | 0,12699 | | |
| C.V. % | 6,84 | | | | |
| MEDIA | 5,21 | | | | |
| E.E | 0,21 | | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 5,08 | a |
| Ácido oxálico | 5,31 | a |
| Aceite esencial de romero | 5,31 | a |
| Diatomita | 5,15 | a |

B. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN EN CRÍA OPERCULADA.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|---------|---------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 0,39793 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 0,16222 | 0,05407 | 1,83532 |
| ERROR | | 8 | 0,23571 | 0,02946 | 0,21887 |
| C.V. % | | 1,84 | | | |
| MEDIA | | 9,33 | | | |
| E.E | | 0,10 | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 9,44 | a |
| Ácido oxálico | 9,45 | a |
| Aceite esencial de romero | 9,28 | a |
| Diatomita | 9,17 | a |

Anexo 3. Análisis estadístico del porcentaje de infestación durante la aplicación de los tratamientos para contralar la *V. destructor* en abejas adultas y cría operculada.

A. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN DURANTE LAS APLICACIONES DE LOS TRATAMIENTOS EN ABEJA ADULTA.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|----------|----------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 49,36644 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 35,56203 | 11,85401 | 6,86970 |
| ERROR | | 8 | 13,80440 | 1,72555 | 0,01325 |
| C.V. % | | 37,66 | | | |
| MEDIA | | 3,49 | | | |
| E.E | | 0,76 | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 6,41 | a |
| Ácido oxálico | 2,80 | b |
| Aceite esencial de romero | 2,81 | b |
| Diatomita | 1,94 | b |

B. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN DURANTE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN CRÍA OPERCULADA.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|----------|----------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 88,72116 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 66,71358 | 22,23786 | 8,08371 |
| ERROR | | 8 | 22,00758 | 2,75095 | 0,00834 |
| C.V. % | | 22,74 | | | |
| MEDIA | | 7,29 | | | |
| E.E | | 0,96 | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 11,30 | a |
| Ácido oxálico | 5,22 | b |
| Aceite esencial de romero | 6,38 | b |
| Diatomita | 6,28 | b |

Anexo 4. Análisis estadístico del número de varroas/día pos-aplicación a las tres alternativas para controlar la Varroasis.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|----------|---------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 47,56000 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 27,66667 | 9,22222 | 3,70867 |
| ERROR | | 8 | 19,89333 | 2,48667 | 0,06137 |
| C.V. % | | 50,87 | | | |
| MEDIA | | 3,10 | | | |
| E.E | | 0,91 | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 5,40 | a |
| Ácido oxálico | 1,80 | a |
| Aceite esencial de romero | 3,53 | a |
| Diatomita | 1,67 | a |

Anexo 5. Análisis estadístico del porcentaje de infestación pos-aplicación de los tratamientos en abejas adultas y cría operculada.

A. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN EN ABEJA ADULTA.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER | |
|-------------|-------|-------|-----------|----------|-----------|---------|
| TOTAL | | 11 | 105,58933 | | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 94,82021 | 31,60674 | 23,47954 | 0,00026 |
| ERROR | | 8 | 10,76912 | 1,34614 | | |
| C.V. % | | 23,59 | | | | |
| MEDIA | | 4,92 | | | | |
| E.E | | 0,67 | | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 9,61 | a |
| Ácido oxálico | 2,61 | b |
| Aceite esencial de romero | 4,58 | b |
| Diatomita | 2,88 | b |

B. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN EN CRÍA OPERCULADA.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER | |
|-------------|-------|-------|----------|----------|-----------|---------|
| TOTAL | | 11 | 66,75328 | | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 56,55872 | 18,85291 | 14,79449 | 0,00125 |
| ERROR | | 8 | 10,19456 | 1,27432 | | |
| C.V. % | | 20,99 | | | | |
| MEDIA | | 5,38 | | | | |
| E.E | | 0,65 | | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 8,70 | a |
| Ácido oxálico | 2,65 | b |
| Aceite esencial de romero | 5,41 | b |
| Diatomita | 4,76 | b |

Anexo 6. Análisis estadístico de la eficacia de los tratamientos para controlar la Varroasis.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|------------|------------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 7031,50390 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 5176,15763 | 1725,38588 | 7,43963 |
| ERROR | | 8 | 1855,34626 | 231,91828 | 0,01059 |
| C.V. % | | 55,93 | | | |
| MEDIA | | 27,23 | | | |
| E.E | | 8,79 | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 0,00 | b |
| Ácido oxálico | 50,39 | a |
| Aceite esencial de romero | 14,44 | ab |
| Diatomita | 44,08 | a |

Anexo 7. Análisis estadístico del peso de las colmenas utilizadas pre y post-aplicación de los tratamientos.

A. PESOS INICIALES.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|----------|---------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 22,92359 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 0,84013 | 0,28004 | 0,10145 |
| ERROR | | 8 | 22,08346 | 2,76043 | 0,95692 |
| C.V. % | | 8,92 | | | |
| MEDIA | | 18,64 | | | |
| E.E | | 0,96 | | | |

b. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 18,90 | a |
| Ácido oxálico | 18,37 | a |
| Aceite esencial de romero | 18,90 | a |
| Diatomita | 18,37 | a |

B. PESOS FINALES.

a. Análisis de varianza.

| F. V | G. L. | S. C. | C. M. | FISHER | P. FISHER |
|-------------|-------|-------|-----------|----------|-----------|
| TOTAL | | 11 | 227,89857 | | |
| TRATAMIENTO | | 3 | 27,50145 | 9,16715 | 0,36596 |
| ERROR | | 8 | 200,39712 | 25,04964 | 0,77967 |
| C.V. % | | 22,37 | | | |
| MEDIA | | 22,38 | | | |
| E.E | | 2,89 | | | |

b. Separación de medias según Tukey (P<0.05).

| TRATAMIENTO | MEDIA | Rango |
|---------------------------|-------|-------|
| Control | 24,42 | a |
| Ácido oxálico | 23,21 | a |
| Aceite esencial de romero | 21,24 | a |
| Diatomita | 20,64 | a |

Anexo 8. Costos por aplicación de los tratamientos.

| Costo tratamiento Ácido Oxálico/colmena | | | | |
|--|----------------------|--------|--------------|---------|
| Tratamiento | Cantidad/tratamiento | Unidad | Aplicaciones | Costo |
| Ácido Oxálico | 5 | g | 3 | \$ 0,03 |
| Azúcar | 50 | g | 3 | \$ 0,15 |
| Agua | 50 | ml | 3 | \$ 0,04 |
| Envase | 1 | unidad | | \$ 0,25 |
| Jeringuilla | 1 | 50cc | | \$ 0,25 |
| Transporte | 30 | km | 3 | \$ 2,25 |
| Mano de obra | 2 | h | 3 | \$ 2,90 |
| | | | Total | \$ 5,87 |

| Costo tratamiento Aceite esencial de romero/colmena | | | | |
|--|----------------------|--------|--------------|-----------------|
| Tratamiento | Cantidad/tratamiento | Unidad | Aplicaciones | Costo |
| Aceite esencial de romero | 8 | ml | 3 | \$ 13,33 |
| Alcohol | 8 | ml | 3 | \$ 0,30 |
| Oasis | 48 | cm2 | 3 | \$ 0,14 |
| Jeringuilla | 1 | 10cc | | \$ 0,15 |
| Transporte | 30 | km | 3 | \$ 2,25 |
| Mano de obra | 2 | h | 3 | \$ 2,90 |
| | | | Total | \$ 19,07 |

| Costo tratamiento Diatomita/colmena | | | | |
|--|----------------------|--------|--------------|----------------|
| Tratamiento | Cantidad/tratamiento | Unidad | Aplicaciones | Costo |
| Diatomita | 15 | g | 3 | \$ 0,23 |
| Fundas Polietileno | 1 | unidad | 3 | \$ 0,10 |
| Transporte | 30 | km | 3 | \$ 2,25 |
| Mano de obra | 2 | h | 3 | \$ 2,90 |
| | | | Total | \$ 5,48 |

| Costo tratamiento Testigo/colmena | | | | |
|--|----------------------|--------|--------------|----------------|
| Tratamiento | Cantidad/tratamiento | Unidad | Aplicaciones | Costo |
| Transporte | 30 | km | 3 | \$ 2,25 |
| Mano de obra | 2 | h | 3 | \$ 2,90 |
| | | | Total | \$ 5,15 |