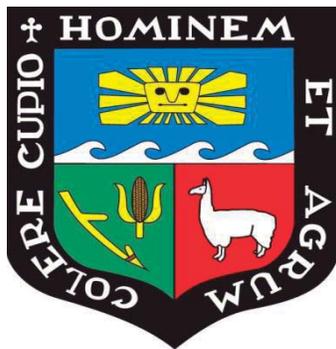


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**EFFECTIVIDAD DE CUATRO ACARICIDAS EN EL
CONTROL DEL ÁCARO (*Varroa destructor*) EN ABEJAS
(*Apis mellifera* L.)**

Presentada por:

FAUSTO RIGOBERTO REYES SÁNCHEZ

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

Lima - Perú

2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“EFECTIVIDAD DE CUATRO ACARICIDAS EN EL
CONTROL DEL ÁCARO (*Varroa destructor*) EN ABEJAS
(*Apis mellifera L.*)”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

FAUSTO RIGOBERTO REYES SÁNCHEZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

PhD. Javier Ñaupari Vasquez
PRESIDENTE

Mg. Sc. Jorge Vargas Morán
PATROCINADOR

Dr. Agustín Martos Tupes
CO-PATROCINADOR

Mg. Sc. Enrique Alvarado Malca
MIEMBRO

PhD. Daniel Zárate Rendón
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis queridos padres Rubén y Rosana; a mis hermanos: Yeny, Mileny, Mayra, Dalila, Sandro y Luis. A ellos por su apoyo y comprensión les quedo eternamente agradecido.

Fausto Reyes

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mg. Sc. Jorge Rafael Vargas Morán, patrocinador del presente trabajo de investigación, por sus sugerencias valiosas y abnegada dirección, durante la ejecución del presente trabajo.

Al Dr. Agustín Martos Tupes, co-patrocinador del presente trabajo de investigación, por sus sabios conocimientos y por su apoyo incondicional brindado a cada momento.

Al Ing. Julian Chura Chuquiya, por el asesoramiento en el análisis estadístico de este trabajo.

A los amigos, Ing. Juan Ore y David Briceño, por el apoyo brindado durante la investigación.

A la Beca de la Amistad Ecuatoriana-Peruano por financiar mis estudios y por su apoyo incondicional en todo el proceso.

ÍNDICE GENERAL.

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. PRESENCIA EN EL PERÚ.....	4
2.3. TAXONOMÍA DEL ÁCARO (<i>Varroa destructor</i>).....	4
2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE VARROA.....	4
2.5. BIOLOGÍA DEL ÁCARO (<i>Varroa destructor</i>).....	5
2.5.1. VARROA EN LAS CRÍAS (FASE REPRODUCTIVA).....	6
2.5.2. VARROA EN LAS ABEJAS ADULTAS (FASE FORÉTICA).....	8
2.6. DIAGNÓSTICO DE LA VARROASIS.....	9
2.7. SÍNTOMAS DE UNA INFESTACIÓN.....	10
2.8. ESTRATEGIA DE CONTROL DE VARROA.....	12
2.9. MÉTODOS DE CONTROL DE LA VARROASIS.....	12
2.9.1. RESISTENCIA NATURAL DE LA ABEJA AL PARÁSITO.....	13
2.9.2. MÉTODOS QUÍMICOS.....	13
2.10. ENSAYOS REALIZADOS EN CONTROL QUÍMICO DE VARROA.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	26
3.2. MATERIAL DEL ENSAYO.....	26
3.2.1. MATERIAL BIOLÓGICO.....	26
3.2.2. OTROS MATERIALES.....	27
3.2.3. PRODUCTOS QUÍMICOS.....	30
3.3. MÉTODOS.....	33
3.3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	33
3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS (T).....	35
3.3.3. PERÍODO EXPERIMENTAL.....	38
3.3.4. SECUENCIA ORDENADA Y LÓGICA DE ACTIVIDADES CONDUCENTES A LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS ENSAYADOS.....	38

3.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. EFECTIVIDAD DE LOS ACARICIDAS BAJO DOS MODALIDADES.....	48
4.1.1. EFECTIVIDAD DE LOS ACARICIDAS SEGÚN LA DIFERENCIA ENTRE LOS PORCENTAJES DE INFESTACIÓN INICIAL Y LA INFESTACIÓN FINAL EN ABEJAS ADULTAS.....	48
4.1.2. EFECTIVIDAD DE LOS ACARICIDAS TOMANDO EN CONSIDERACIÓN EL NÚMERO DE VARROAS CAÍDAS POR TRATAMIENTO, Y EL NÚMERO TOTAL DE VARROAS CAÍDAS POR TRATAMIENTO DE SHOCK QUÍMICO.....	55
4.2. CAÍDA ACUMULATIVA DE VARROA, SEGÚN PERÍODOS DE TIEMPO A LA EVALUACIÓN.....	62
4.3. DINÁMICA DE LA CAÍDA DE VARROA.....	69
4.4. EFECTOS COLATERALES.....	79
4.4.1. NÚMERO DE ABEJAS POR COLMENA.....	79
4.4.2. NÚMERO DE PANALES DE CRÍA.....	83
4.4.3. NÚMERO DE PANALES DE RESERVA ALIMENTICIA.....	85
4.4.4. NÚMERO DE ABEJAS MUERTAS.....	87
4.4.5. POSTURA EN LA REINA.....	89
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES.....	92
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
VIII. ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Información técnica * de los productos utilizados en la investigación.....	31
Cuadro 2: Descripción de los tratamientos empleados en el ensayo.....	38
Cuadro 3: Niveles de infestación inicial y final de <i>Varroa destructor</i> , sobre abejas adultas y efectividad de los acaricidas.....	49
Cuadro 4: Número de varroas caídas a los 45 días, número de varroas caídas por tratamiento del shock químico, número total de varroas caídas y efectividad relativa de los acaricidas.....	55
Cuadro 5: Número de varroas caídas en términos acumulativos según tratamientos y periodos de tiempo a la evaluación.....	63
Cuadro 6: Registro de varroas caídas según días que se indican, después de los tratamientos.....	70
Cuadro 7: Densidad poblacional de abejas expresada en número, al inicio y final del ensayo, y diferencia porcentual, según tratamientos ensayados.....	80
Cuadro 8: Panales de cría al inicio y final del ensayo, y diferencia en porcentaje, según tratamientos ensayados.....	83
Cuadro 9: Número de panales de reserva, expresados en número, al inicio y final del ensayo, y diferencia porcentual, según tratamientos ensayados.....	85
Cuadro 10. Número de abejas muertas registrado a lo largo del ensayo, según días que se indican.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Hembra de <i>Varroa destructor</i> . Izquierda (vista dorsal), derecha (vista ventral).....	5
Figura 2: Ciclo de vida de varroa (hacia la derecha desde arriba).....	6
Figura 3: <i>Varroa destructor</i> sobre su hospedero <i>Apis mellifera</i>	8
Figura 4: Obrera con alas deformadas.....	11
Figura 5: Estructura química del amitraz.....	14
Figura 6: Estructura química del cumafós.....	15
Figura 7: Preparación del timol en oasis y aplicación sobre los bastidores.....	18
Figura 8: Apiario experimental.....	27
Figura 9: Diseño de una trampa de varroa.....	28
Figura 10: Preparación de la sustancia adhesiva.....	29
Figura 11: Colocación de sustancia adhesiva sobre la cartulina cuadriculada.....	29
Figura 12: Trampa de varroa.....	30
Figura 13: Distribución de las colmenas empleadas en el ensayo, según tratamientos.....	34
Figura 14: Materiales usados en la preparación del tratamiento con ácido oxálico.....	35
Figura 15: Colocación del sobre de ácido oxálico sobre los cabezales de la cámara de cría.....	35
Figura 16: Ubicación del producto amitraz, entre los marcos de la cámara de cría.....	36
Figura 17: Ubicación del producto cumafós, entre los marcos de la cámara de cría.....	36
Figura 18: Materiales usados en la preparación del tratamiento con timol.....	37
Figura 19: Esponjas de oasis con timol ubicadas sobre los cabezales de la cámara de cría.....	37
Figura 20: Abejas sumergidas en agua con detergente.....	39
Figura 21: Parte izquierda (tamizado de varroas). Parte superior derecha (abejas muertas). Parte inferior derecha (varroas).....	40
Figura 22: Verificación del número de abejas por colmena.....	41
Figura 23: Verificación del número de panales con cría.....	41
Figura 24: Verificación del número de marcos con reserva alimenticia.....	42
Figura 25: Introducción de las trampas en el fondo de las colmenas.....	43
Figura 26: Conteo y registro de ácaros caídos por efecto de los tratamientos.....	44
Figura 27: Porcentajes de infestación inicial, final y efectividad de acaricidas.....	49

Figura 28: Número de varroas caídas durante los 45 días de duración del ensayo, número de varroas caídas por efecto del shock químico y número total de varroas caídas.	56
Figura 29: Porcentaje de efectividad de los acaricidas mediante la técnica de shock.	56
Figura 30: Consolidado del número de varroas caídas, según tratamientos acaricidas, desde las 24 horas y hasta los 45 días de evaluación.....	63
Figura 31: Número de varroas caídas por efecto de los acaricidas a las 24 horas de evaluación.....	65
Figura 32: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a las 48 horas de evaluación.....	65
Figura 33: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a las 72 horas de evaluación.....	66
Figura 34: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de acaricidas a los 7 días de evaluación.....	67
Figura 35: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 15 días de evaluación.....	67
Figura 36: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 30 días de evaluación.....	68
Figura 37: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 45 días de evaluación.....	68
Figura 38: Dinámica de la caída de varroa de todos los tratamientos, según días que se indican.....	70
Figura 39: Dinámica de caída de varroa con ácido oxálico, según los días que se indican.....	72
Figura 40: Dinámica de caída de varroa con amitraz, según los días que se indican.....	73
Figura 41: Dinámica de caída de varroa con cumafós, según los días que se indican.....	75
Figura 42: Dinámica de caída de varroa con el testigo, según los días que se indican.....	76
Figura 43: Dinámica de caída de varroa con timol, según los días que se indican.....	78
Figura 44: Número de abejas por colmena inicial, final y diferencia, según tratamientos ensayados.....	80
Figura 45: Porcentaje de abejas por colmena, según tratamientos ensayados.	81
Figura 46: Número de panales de cría inicial, final y diferencia, según tratamientos ensayados.....	83

Figura 47: Porcentaje de panales de cría por colmena, según tratamientos ensayados.....	84
Figura 48: Número de panales de reserva inicial, final y diferencia, según tratamientos ensayados.....	86
Figura 49: Porcentaje de panales de reserva por colmena, según tratamientos ensayados.....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación, según la estación meteorológica Alexander Von Humboldt, de la Universidad Nacional Agraria La Molina.....	103
Anexo 2: Porcentaje de infestación inicial y final en abejas adultas por <i>Varroa destructor</i> y efectividad relativa de los acaricidas.....	103
Anexo 3: Total de varroas caídas por efecto de los tratamientos a los 45 días, total de varroa caída mediante la técnica de shock químico y efectividad de tratamientos.....	104
Anexo 4: Caída acumulada de <i>Varroa detructor</i> según periodos de tiempo a la evaluación	104
Anexo 5: Dinámica de caída de <i>Varroa detructor</i> durante todo el ensayo.....	105
Anexo 6: Número inicial y final de panales de cría, número de abejas por colmena y panales de reserva alimenticia con sus respectivos porcentajes diferenciales.....	105
Anexo 7: Número de abejas muertas encontradas durante los 45 días del ensayo.....	106
Anexo 8. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable efectividad de los acaricidas según la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y la infestación final en abejas adultas.....	106
Anexo 9. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable efectividad de los acaricidas tomando en consideración el número de varroas caídas por tratamiento, y el número total de varroas caídas por tratamiento de shock químico...	106
Anexo 10. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable caída acumulativa de varroa, según períodos de tiempo a la evaluación.....	107
Anexo 11. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable efectos colaterales: número de panales de cría, número de abejas por colmena y panales de reserva.....	107
Anexo 12. Transformación de datos que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.....	108
Anexo 13. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable efectividad de los acaricidas según la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y la infestación final en abejas adultas.....	109

Anexo 14. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable efectividad de los acaricidas tomando en consideración el número de varroas caídas por tratamiento (45 días), y el número total de varroas caídas por tratamiento de shock químico.....	111
Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable: caída acumulativa de varroa, según períodos de tiempo a la evaluación.....	112
Anexo 16. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable número de abejas por colmena.....	114
Anexo 17. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable número de panales de cría y panales de reserva.....	115

RESÚMEN

La varroasis de la abeja *Apis mellifera* es considerada la plaga que causa mayor impacto económico en la apicultura mundial. Existe la necesidad de investigar nuevas alternativas de control y ampliar el espectro de productos, que brinden la posibilidad de alternar tratamientos químicos con ácidos orgánicos o aceites esenciales. Por lo antes expuesto, se determinó la efectividad de los acaricidas: ácido oxálico, amitraz, cumafós y timol en el control de *Varroa destructor* y sus posibles efectos colaterales en las colonias de abejas *Apis mellifera* L. El presente estudio se desarrolló en el Apiario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Se utilizaron 20 colonias de abejas europeas, *Apis mellifera* L. La fase experimental se efectuó de octubre a noviembre del 2015, para lo cual se utilizó el diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones. El tratamiento uno (T1) consistió en una mezcla de 2.5 g de ácido oxálico con 40 g de azúcar impalpable por colmena, con tres aplicaciones cada ocho días. Los tratamientos dos (T2) y tres (T3) consistieron en la aplicación de dos tiras comerciales a base de cumafós y amitraz respectivamente; el tratamiento cuatro (T4) se le asignó al testigo. El tratamiento cinco (T5) consistió en la aplicación de 8 g de timol diluido en 8 ml de alcohol, distribuidos en partes iguales en dos cuadrículas de oasis (esponja absorbente), con tres aplicaciones cada ocho días. Se determinó la efectividad de los acaricidas bajo dos modalidades; la primera, según la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y final en abejas adultas, en la que cumafós y timol alcanzaron el más alto valor de 94.85 y 84.68 por ciento respectivamente; y la segunda, tomando en consideración el número de varroas caídas por tratamiento y el número total de varroas caídas por tratamiento de shock químico, en la que cumafós y timol alcanzaron el más alto valor de 97.72 y 87.16 por ciento, respectivamente. El cumafós y timol registraron una dinámica de caída de varroa de manera similar, resultando ser más importante al día 13 de iniciado el ensayo. Ningún acaricida mostró efectos colaterales sobre las abejas.

Palabras clave: *Varroa destructor*, *Apis mellifera*, acaricidas, efectividad, infestación, shock químico.

ABSTRACT

Varroasis of the bee *Apis mellifera* is considered the plague that causes greater economic impact on the beekeeping world. There is a need to investigate new control alternatives and expand the range of products that offer the possibility of alternating chemical treatments with organic acids or essential oils. For the above, was determined the effectiveness of acaricides: oxalic acid, amitraz, coumaphos and thymol in the control of *Varroa destructor* and its possible side effects in the colonies of bees *Apis mellifera* L. This study was conducted in the Apiary of the National Agrarian University Molina (UNALM). Twenty European bee colonies, *Apis mellifera* L. were used. The experimental phase was conducted from October to November 2015, for which the design was completely randomized with four treatments and one control with four replications. Treatment one (T1) consists of a mixture of 2.5 g of oxalic acid in 40 g of powdered sugar per hive, three applications every eight days. Treatments two (T2) and three (T3) consisted of two commercial strips application based on amitraz and coumaphos respectively; treatment four (T4) was assigned to the witness. Treatment five (T5) consisted of the application of 8 g of thymol diluted in 8 ml of alcohol, divided equally into two squares of oasis (absorbent sponge), with three applications every eight days. The effectiveness of acaricides was determined in two ways; the first, according to the difference between the percentages of initial and final infestation in adult bees, which coumaphos and thymol reached the highest value of 94.85 and 84.68 percent respectively; and second, taking into account the number of varroa falls per treatment and the total number of varroa falls by treating chemical shock, wherein coumaphos and thymol reached the highest value of 97.72 and 87.16 percent, respectively. Coumaphos and thymol showed a fall dynamics varroa similarly proving more important to day 13 of experiment. Acaricide showed no side effects on bees.

Keywords: *Varroa destructor*, *Apis mellifera*, miticides, effectiveness, infestation, chemical shock.

I. INTRODUCCIÓN

Varroa destructor, es un ácaro forético obligado de la especie de abejas *Apis mellifera*, que produce una parasitosis externa denominada varroasis, la misma que se constituye en el principal problema de la apicultura a nivel mundial. El efecto negativo sobre la productividad comienza cuando la población de ácaros afecta al 10 por ciento en una colonia de abejas adultas, y cuando la infestación llega a ser del 30 a 40 por ciento, normalmente termina con la colonia (Franco, 2009).

Para controlar esta plaga, algunos acaricidas organosintéticos fueron desarrollados por varias compañías químicas. Sin embargo, el uso intensivo de estos productos ocasionó problemas de resistencia del parásito (Milani, 1999). En los últimos años en varios países del mundo se ha estudiado el efecto del ácido oxálico, así como también el efecto del aceite esencial timol, para determinar su potencial como agentes de control del ácaro.

Esta plaga es la más difundida en el Perú, encontrando muestras positivas procedentes de todo el país y se ha determinado que la prevalencia nacional en colmenas es de 80.40 por ciento. A nivel departamental, Piura y Ucayali tienen la mayor prevalencia, 100 por ciento, seguido de Cajamarca con 93.91 por ciento, Ica con 92.50 por ciento, Lambayeque 92.50 por ciento, Madre de Dios con 92.00 por ciento y San Martín con 96.36 por ciento (Mantilla, 2013). Por tal motivo, se ha estudiado varias alternativas de control de este ácaro que permitan llevar a cabo cambios de productos y principalmente que exista la posibilidad de alternar tratamientos químicos u orgánicos que presenten eficacias más variables pero que sean menos contaminantes, aspecto de vital importancia hoy en día en los mercados internacionales donde se comercializa la miel, los cuales exigen altos estándares de calidad e inocuidad del producto.

Por lo antes expuesto, se planteó lo siguiente:

Hipótesis de investigación:

- Los tratamientos a base de ácido oxálico, amitraz, cumafós y timol difieren en efectividad en el control de *Varroa destructor* y no presentan efectos colaterales en las colonias de abejas *Apis mellifera* L.

El objetivo general de esta investigación es:

- Determinar la efectividad de los acaricidas ácido oxálico, amitraz, cumafós y timol en el control de *Varroa destructor* y sus posibles efectos colaterales en las colonias de abejas *Apis mellifera* L.

Los objetivos específicos planteados para este trabajo son:

- Evaluar la efectividad de los tratamientos en base al registro de la mortalidad de varroa en colmenas.
- Determinar posibles efectos colaterales en colmenas tratadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Varroa destructor (Anderson y Trueman), es una de las plagas más importantes en abejas *Apis mellifera* a nivel mundial; existiendo amplia información en relación a la morfología, etología, ecología y control. Según Polaino (2006), esta parasitosis es conocida como varroasis.

La varroasis es la principal causa de mortandad de las colonias de abejas melíferas (Massaccesi, 2002). Afecta la rentabilidad de las explotaciones y la calidad de los productos de la colmena, por lo que una colonia sana llega a producir más miel (65.5 por ciento) en comparación con una colonia infestada (Arechavaleta y Guzmán, 2000). A pesar que la relación de *Apis mellifera* y *Varroa destructor* es reciente, los daños causados por el ácaro a las abejas son serios y se lo responsabiliza de la disminución en la producción de miel y la mortalidad de gran cantidad de colonias (Espinoza, 2004).

2.1. ANTECEDENTES.

El ácaro varroa fue descubierto en la Isla de Java en colonias de *Apis cerana* en el año 1904 por Edward Jacobson, posteriormente fue detectado en Rusia y Japón (1958), en China (1960), en Europa y Norte de África en el año 1967 y 1982, respectivamente (Martínez *et al.*, 2011).

El indiscriminado movimiento internacional de las colonias y abejas reinas ha ocasionado que la parasitosis se haya dispersado ampliamente, teniendo actualmente una distribución en casi todo el mundo (Vandame, 2000). Martínez *et al.* (2011) señala que en el año 1971 se introdujo la varroa al Paraguay desde el Japón a través de la importación de abejas reinas. Este hecho dio lugar a la introducción y dispersión del ácaro por todo el Continente Americano.

2.2. PRESENCIA EN EL PERÚ

Dávila y Ortiz (1987), señalan que en 1985 se detectaron por primera vez sus efectos destructivos; por tanto estos autores manifiestan que el daño se presenta gradualmente, siendo al tercer año de infestación cuando se empiezan a observar fuertes daños. Por lo expuesto se puede asumir que *Varroa destructor* llegó al país en 1982. Las primeras noticias de la presencia de varroa se recibieron de la zona de Chaclacayo y Santa Eulalia (Dpto. de Lima), siendo el Valle de Rímac uno de los más afectados. En esa época se estimó la pérdida de 9000 a 10000 colmenas entre rústicas y modernas, existiendo casos en los que un solo apicultor perdió hasta 200 colmenas en un corto tiempo.

2.3. TAXONOMÍA DEL ÁCARO (*Varroa destructor*)

En 1904, el ácaro varroa fue clasificado por A. C. Oudemans como *Varroa jacobsoni* Oud. (Martínez *et al.*, 2011). La clasificación científica del ácaro se cambió a *Varroa destructor* cuando Anderson y Trueman en el año 2000, determinaron que el ácaro que infestaba a la abeja *Apis mellifera* en todo el mundo era una especie diferente a la que se identificó por primera vez en la abeja asiática *Apis cerana* (Goodwin y Eaton, 2001). Según Zemene *et al.* (2015) la taxonomía actual de la varroa de las abejas melíferas es la siguiente:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Mesostigmata

Superorden: Parasitiformes

Familia: Varroidae

Género: Varroa

Especie: *Varroa destructor* (Anderson y Trueman)

2.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE VARROA

Los machos y las hembras presentan un claro dimorfismo sexual y en su fase adulta presentan cuatro pares de patas. Los machos son de color pálido aperlado y su tamaño es 0.7 mm de ancho por 0.7 mm de largo. El tamaño de varroa hembra adulta es de 1.1 mm de largo por 1.6 mm de ancho, aproximadamente. Además, la hembra adulta es de forma ovalada,

aplanada dorsoventralmente y de coloración café rojiza por lo que se puede apreciar a simple vista, tal como se presenta en la Figura 1 (Vandame, 2000; Goodwin y Eaton, 2001; Espinoza, 2004).



Figura 1: Hembra de *Varroa destructor*. Izquierda (vista dorsal), derecha (vista ventral).
(Formato *et al.*, 2015)

2.5. BIOLOGÍA DEL ÁCARO (*Varroa destructor*)

El individuo clave del ciclo de desarrollo de varroa es la hembra adulta que alterna su vida entre la fase reproductiva y la fase forética. En la fase forética el ácaro parasita sobre el cuerpo de la abeja y en la reproductiva los ácaros se introducen al interior de las celdas con cría operculada (Vandame, 2000). El ciclo se inicia cuando una varroa hembra abandona la abeja adulta y penetra en una celda de cría de zángano o de obrera que se encuentran próximas a ser operculadas (Figura 2). Más de una hembra puede ingresar a la misma celda (Bounous y Boga, 2005).

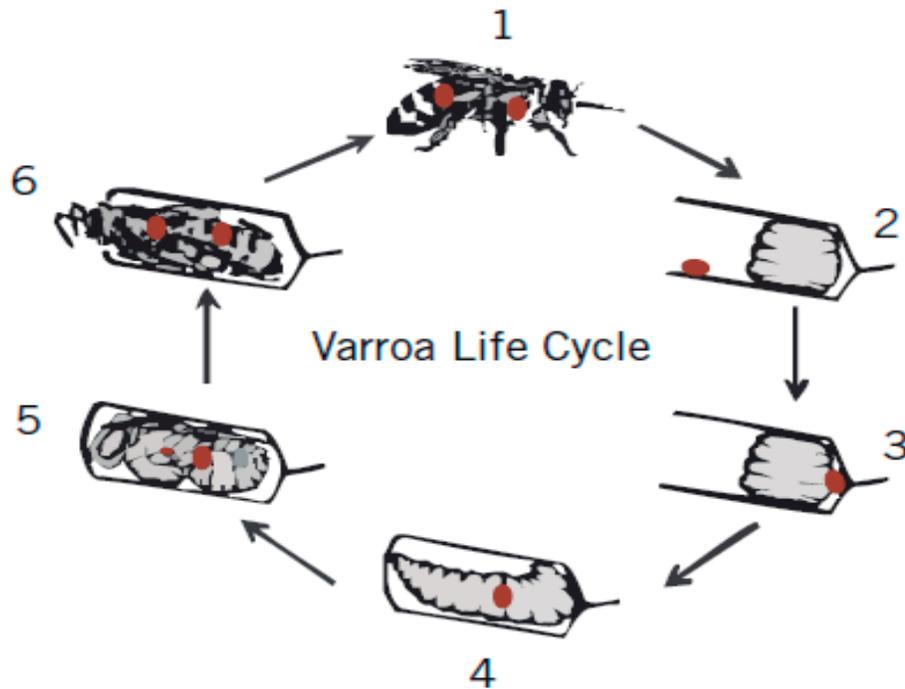


Figura 2: Ciclo de vida de varroa (hacia la derecha desde arriba). Paso 1: ácaros varroa son transferidos a nueva colonias de abejas adultas. Paso 2: el ácaro a continuación deja el adulto y se arrastra en una celda de cría. Paso 3: una vez en la celda, el ácaro se sumerge en el alimento de las larvas en la parte inferior de la celda. Paso 4: cuando se tapa la celda, el ácaro deja el alimento larval y empieza a alimentarse de la prepupa. Paso 5: el ácaro pone los huevos, que eclosionan y pasan por dos etapas juveniles antes de asumir la forma del cuerpo adulto. Paso 6: los ácaros adultos salen de la celda cuando la abeja emerge. A continuación, los ácaros son transportados en abejas adultas hasta que entran en otra celda de cría (Goodwin y Eaton, 2001)

2.5.1. VARROA EN LAS CRÍAS (FASE REPRODUCTIVA)

La varroa madre se reproduce en una celda de cría después de un periodo forético. La entrada en la cría debe ocurrir a una edad de cría precisa y constituye un punto crítico en la vida de varroa. Entrar demasiado temprano significa, para la futura varroa madre un riesgo importante de ser detectada y retirada por las abejas antes la operculación de la cría. Entrar tarde no le es posible, ya que la cría es operculada; es decir, herméticamente cerrada a toda entrada o salida (Vandame, 2000).

a. Entrada de la varroa madre en la cría

Espinoza (2004), señala que la invasión a la cría de obreras ocurre durante las 15 a 30 horas previas a la operculación, mientras que las celdas con crías de zánganos son invadidas 40 a 60 horas antes de la operculación. Por otro lado, Vandame (2000) menciona que la varroa

madre infesta a la cría de obreras cuando las larvas pesan más de 100 mg; e infesta a la cría de zángano cuando las larvas pesan más de 200 mg. Aparentemente el ácaro detecta algunos componentes de la hormona del operculado que segregan las larvas (nueve días en las obreras y diez días en los zánganos).

b. Postura de la varroa madre

Una vez en el interior de la celda, varroa hembra se sumerge en el alimento larval localizado en la base de la celda y consume una pequeña porción del alimento larval mientras permanece sumergida en el mismo (Bounous y Boga, 2005). Después de haberse alimentado sobre la abeja, pone su primer huevo aproximadamente a las 70 horas después de la operculación (Vandame, 2000). El primer huevo no es fertilizado, y se convierte en una varroa macho. Después de esto, aproximadamente cada treinta horas, el ácaro pone un óvulo femenino. Si el ácaro madre no fue acoplado correctamente, entonces toda su descendencia será machos. Un total de cinco (en pupas de obrera) o seis huevos (sobre pupas de zángano) se puede colocar en una celda operculada (Huang, 2012).

c. Desarrollo y apareamiento de la descendencia de varroa

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 (Bounous y Boga, 2005). La selección natural, sin duda, favoreció que los ácaros prefieran las celdas que contienen cría de zánganos porque tiene un período de desarrollo más largo, permitiendo llegar a la fase adulta más varroas hembras. De hecho Goodwin y Eaton (2001), señalan que la tasa de reproducción efectiva (número de hijas maduras vivas/ por la invasión de la madre) es de 1.30 a 1.45 en una sola cría de obreras infestadas, mientras que para la cría de zánganos es 2.20 - 2.60 varroas.

Los ácaros adultos se fecundan en la misma celda que han nacido. Si solo ingresó una hembra madre a la celda la fecundación se produce entre hermanos, siendo consanguíneo, pero si ingresa más de una hembra madre puede existir exocria (Bounous y Boga, 2005). El macho se aparea con la primera hembra tan pronto como llega a la fase adulta. En las celdas donde el macho muere antes del apareamiento, las hembras quedaran estériles e infecundas; esto puede ocurrir en 10 a 46 por ciento de las celdas (Vandame, 2000).

2.5.2. VARROA EN LAS ABEJAS ADULTAS (FASE FORÉTICA)

a. Salida y diseminación de varroa.

Cuando los ácaros salen de las celdillas con las abejas que han parasitado, las abandonan para colocarse sobre las abejas de más de dos días de vida, transformándose en la fase forética. Para reconocer al hospedador adecuado aprovechan la feromona producida por la glándula de Nasanov, cuya producción depende de la edad (Polaino, 2006; Pérez, 2006). Huang (2012) señala que los machos y las hembras que no han esclerotizado y que no se han desarrollado completamente mueren debido a la deshidratación después de que se abrió una celda. Por tanto, sólo varroas hembras maduras son vistos por los apicultores.

Vandame (2000) y Somerville (2009) señalan que las obreras, constituyen el factor principal de la diseminación de esta plaga, misma que aprovecha el pecoreo, la deriva de las abejas (obreras y zánganos) y del pillaje para infestar nuevas colmenas. De esta manera, durante un día de gran actividad hasta 70 varroas por día pueden llegar a una nueva colmena. Por otro lado, Goodwin y Eaton (2001), señalan que la varroa forética se mueve bastante rápido en las abejas adultas sobre la superficie dorsal y con frecuencia se arrastran debajo de las placas abdominales donde se alimentan de hemolinfa. Debido a este comportamiento, los ácaros pueden alcanzar una población alta dentro de una colonia a pesar de que sólo unas pocas varroas sean visibles en las abejas adultas (Figura 3b).

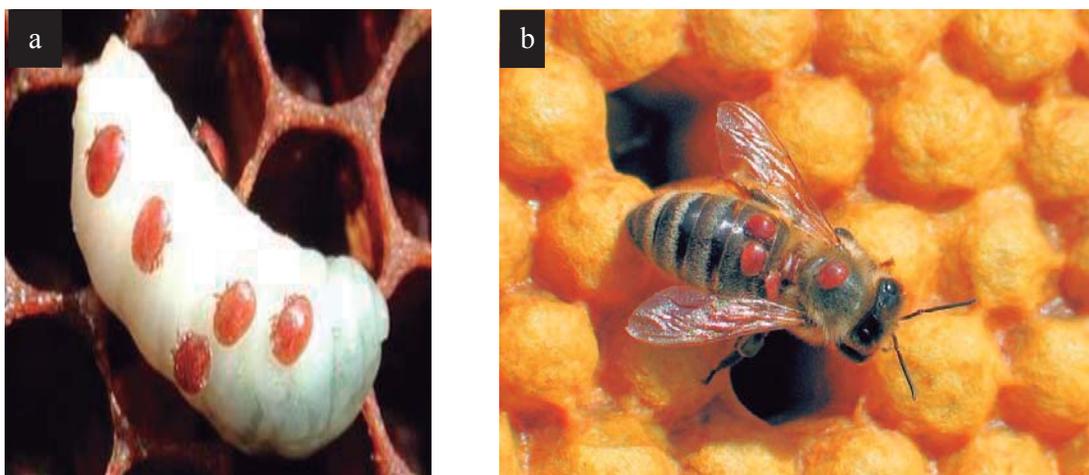


Figura 3: *Varroa destructor* sobre su hospedero *Apis mellifera*. a. Parásito en prepupa (Agrodigital, 2016); b. Parásito en abeja adulta (Corona apicultores, 2013)

2.6. DIAGNÓSTICO DE LA VARROASIS.

Cuando se toman muestras de varroa, es importante considerar que el número y la ubicación de los ácaros en una colonia varían según la época del año, siendo más bajo en primavera, aumentando durante el verano y mayor en el otoño. Durante la primavera y el verano la mayoría de varroa se encuentra en la cría, a finales del otoño y el invierno sobre las abejas adultas. Para obtener una estimación fiable de la densidad de varroa en un apiario, se debe inspeccionar por lo menos el 50 por ciento de las colonias (Hood, 2000). Existen pruebas sencillas de diagnóstico que permiten decidir si una colonia necesita o no un tratamiento. Se trata de tomar de la colonia cualquiera de los siguientes elementos y analizarlos en detalle.

a. Examen en crías

La varroa pasa la mayor parte de su ciclo de vida dentro de las celdas de cría selladas, encontrándose alrededor del 80 por ciento, especialmente en las celdas de zángano (Hunt, 2010). Destapar y comprobar en la cría la presencia de los ácaros es un método de detección confiable. Los ácaros adultos se pueden ver fácilmente contra la superficie blanca de pupas destinadas a ser obreras o zánganos. Se sugiere que al menos 100 pupas por colonia se deben examinar para tener un diagnóstico adecuado (Hood, 2000). Contar el número de larvas infestada con varroa; si la tasa de infestación es inferior a 10 por ciento, la colonia no necesita tratamiento con urgencia; si la tasa es superior a 10 por ciento, la colonia requiere un tratamiento (Vandame, 2000).

b. Diagnóstico de varroa en abejas adultas por la prueba de “David de Jong”.

Recoger 300 abejas adultas desde el nido de cría y sumergirlas en un recipiente con agua y detergente, colocar una tapa en el frasco y agitar durante un minuto; luego verter las abejas y solución a través de una pantalla doble o tamiz, la pantalla superior debe filtrar las abejas, mientras que la pantalla inferior retendrá los ácaros. El apicultor puede contar las abejas, los ácaros y estimar el porcentaje de infestación de la colonia (Hood, 2000). Si la tasa de infestación es inferior a 5 por ciento, la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si la tasa es superior a 5 por ciento, la colonia requiere un tratamiento (Vandame, 2000).

c. Caída de ácaros en cartulina untada con sustancia oleosa.

Vandame (2000), recomienda colocar sobre el piso de la colmena una cartulina o lámina de aluminio pegajosa (untada con vaselina) dejándola durante 24 horas, luego sacarla y contar el número de varroas pegadas a la lámina; si cayeron menos de 10 varroas en 24 horas la colonia no necesita tratamiento con urgencia; si cayeron más de 10 varroas en 24 horas, la colonia requiere un tratamiento.

2.7. SÍNTOMAS DE UNA INFESTACIÓN

Al inicio de la infestación no se observan síntomas, sin embargo cuando aumenta a proporciones significativas se observa el debilitamiento general de la colonia y complejo de enfermedades asociadas, hasta que finalmente la colonia colapsa (IICA, 2009). Si una celda con una larva en desarrollo esta infestada con uno a dos ácaros adultos, por lo general surgen sin daños visibles y son normales en apariencia; sin embargo, las abejas en desarrollo individuales que están muy infestadas con más de dos ácaros adultos suelen morir en su celda o emergen con alas deformes y abdomen acortado (Zemene *et al.*, 2015). Los siguientes, son síntomas comunes observados en una colonia con un alto grado de infestación.

a. Alas deformadas.

Los ácaros varroa pueden transmitir algunos virus de abejas, pocos de estos producen síntomas visibles; una excepción es el virus de las alas deformadas (DWV), que cuando están presentes en niveles elevados provoca el desarrollo de alas malformadas en las abejas; cuando un gran número de abejas en una colonia tienen DWV, la colonia probablemente tiene una alta población de varroa, por tanto se requiere la intervención inmediata (Frazier *et al.*, 2011).



Figura 4: Obrera con alas deformadas (Traynor, 2007; tomado de Anido, 2013)

b. Síndrome de ácaro parásito

Síndrome de ácaro parásito (PMS) es una condición asociada con alta infestación de varroa; la causa exacta del PMS es desconocida, aunque los virus son sospechosos; esta condición se caracteriza por un patrón irregular de cría, las crías muertas se decoloran convirtiéndose de un amarillo marrón a marrón oscuro; signos de esta condición pueden parecerse a loque americana, pero las larvas muertas no hacen cuerdas, así como sucede con esta última cuando se realiza la prueba de viscosidad (Frazier *et al.*, 2011). Goodwin y Eaton (2001) señalan algunos puntos importantes a tener en cuenta sobre el síndrome de ácaro parásito:

- Afecta tanto a la cría y las abejas adultas.
- Puede estar asociado con colapso de colonias.
- Los síntomas pueden aparecer en cualquier momento del año, aunque son más frecuentes a mediados de verano y otoño.

c. Patrón de cría irregular

Panales de cría en una colonia infestada tienen un patrón disperso o irregular de celdas operculadas o sin opercular; esto puede ser especialmente evidente en colonias altamente higiénicas (Frazier *et al.*, 2011).

2.8. ESTRATEGIA DE CONTROL DE VARROA

Es necesario diseñar estrategias de control en cada región o país, ya que las características climatológicas de cada lugar están íntimamente vinculadas a la reproducción del ácaro. Sin embargo existe un consenso mundial sobre la necesidad de incorporar al calendario de tratamiento contra el ácaro, una aplicación de acaricidas hacia el fin de la cosecha (Imdorf, *et al.*, 1996; Elzen, *et al.*, 2001, citados por De la Sota y Bacci, 2005). Por tanto, es de suma importancia evitar los apiarios cercanos, mantener colonias fuertes durante el invierno e inicio de primavera, mantener las reservas de alimento invernales accesibles a las abejas y multiplicar reinas rústicas. Los antecedentes del apiario y la zona determinarán el tipo de tratamiento a utilizar (Bounous y Boga, 2005). Las siguientes estrategias se pueden tener en cuenta para controlar el ácaro:

- Un mes antes de la floración determinar si la colonia necesita o no un tratamiento. Se recomienda tratar un mes antes de la cosecha para que las colonias puedan pasar la temporada de floración sin mayores problemas (Vandame, 2000).
- No utilizar un mismo producto todos los años, sino alternarlo con otros principios activos, de esta manera, la posibilidad de que se seleccionen varroas resistentes es muy baja, manteniendo la efectividad de los diferentes productos. En caso de utilizar productos de síntesis química es conveniente alternarlos con productos orgánicos con el mismo fin. Además, estos últimos es poco probable que generen resistencia (Bounous y Boga, 2005).

2.9. MÉTODOS DE CONTROL DE LA VARROASIS

El reto para el tratamiento de la varroasis, es que los ácaros han desarrollado resistencia a muchos de los acaricidas sintéticos utilizados y el uso generalizado de los tratamientos químicos da lugar a la presencia de residuos en la miel, cera de abeja y otros productos apícolas. El tiempo del tratamiento es de crucial importancia para el éxito del control de varroa; aplicaciones tardías puede resultar en el fracaso del tratamiento que dará lugar a la pérdida de colonias (Zemene *et al.*, 2015). Los mecanismos de control incluyen resistencia natural de la abeja al parásito, control químico y técnicas de manejo (Bounous y Boga, 2005).

2.9.1. RESISTENCIA NATURAL DE LA ABEJA AL PARÁSITO

Hay varias características que pueden hacer que las abejas sean más resistentes a los ácaros, entre ellas se encuentran:

a. El tiempo de desarrollo

Hay una pequeña cantidad de variación entre las abejas durante la duración de la fase de operculado de la cría, si las abejas se desarrollan más rápido menos ácaros llegarán a la madurez y la población de ácaros crecerá más lentamente (Hunt, 2010)

b. Comportamiento higiénico

Es posible seleccionar abejas que tienen buen comportamiento higiénico; la tendencia de algunas abejas de detectar varroas y a la vez eliminar las pupas enfermas o muertas del panal. Es deseable obtener reinas con buen comportamiento higiénico, esta es una característica que han seleccionado algunos criadores comerciales de reinas; el mejor método consiste en la congelación de un panal para matar cría sellada y devolverlo a las abejas para que lo limpien; se puede observar la proporción de la cría muerta que las abejas han eliminado dentro de las 24 horas (Hunt, 2010).

2.9.2. MÉTODOS QUÍMICOS

Implican diversos métodos de aplicación y formas de dispersión de los productos químicos. Así, se aplican en la alimentación, directamente sobre las abejas adultas como fumigantes, el uso de tiras de contacto o por evaporación (Zemene *et al.*, 2015). Los acaricidas se pueden dividir en orgánicos y químicos; sin embargo, los ácaros tienen una capacidad demostrada para llegar a ser resistentes a estos rápidamente; muchas de estas sustancias químicas no son fáciles de aplicar y son peligrosos para la colonia y el hombre, presentando efectos en las abejas melíferas que incluyen reducción de la longevidad de las abejas reinas, la muerte de cría y reducción de la postura de huevos por parte de la reina (Zemene *et al.*, 2015).

a. Amitraz

Amitraz es una formamidina, miembro de la clase amidina y son sustancias activas ectoparasiticidas con actividad de contacto sobre todo contra garrapatas, ácaros y piojos

(Junquera, 2015). Su nombre químico es: N'-(2,4-dimethylphenyl)-N- [[(2,4-dimethylphenyl) imino} methyl]]-N methylmethanimidamide N, N-bis (2,4-xililiminometil) metilamina (Gutiérrez, 2016). Su actividad acaricida se descubrió en los años sesenta del siglo XX (Junquera, 2015a).

- *Estructura química*

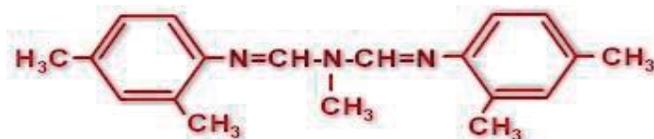


Figura 5: Estructura química del amitraz (Junquera, 2015a)

- *Toxicidad y tolerancia del amitraz*

LD50 (Dosis letal media) oral aguda ratas: 800 mg/kg

LD50 dermal aguda ratas: >1600 mg/kg (Junquera, 2016)

- *Resistencia de los ectoparásitos*

Al tener el amitraz y las amidinas en general un mecanismo de acción diferente que los organofosforados, carbamatos y piretroides, no tienen resistencia cruzada con estas otras clases químicas empleadas en la ganadería (Junquera, 2015a).

- *Mecanismo de acción y propiedades de las amidinas*

Las amidinas son antagonistas de los receptores de la octopamina en el cerebro de los parásitos, provocan hiperexcitabilidad y seguidamente parálisis y muerte. Actúan sobre los parásitos externos fundamentalmente por contacto (Junquera, 2015a).

- *Toxicidad medioambiental*

Amitraz es ligeramente tóxico para las aves pero puede afectar negativamente su reproducción, es moderadamente tóxico para peces. Se degrada rápidamente en el suelo (Junquera, 2015a).

- *Propiedades físicas y químicas*

Su estado físico es en forma de cristales incoloros que se descomponen al evaporarse y puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por

pulverización, especialmente, si se encuentra en forma de polvo. Es soluble en solventes orgánicos como el tolueno, acetona y xileno (Gutiérrez, 2016).

- *Persistencia del producto*

La vida media en el suelo es menor de 24 horas. (Junquera, 2015a).

b. Cumafós

Cumafós es un ectoparasiticida no-volátil, lipo-soluble del grupo de los organofosforados. Su nombre químico es 3-cloro-7-dietoxifosfinotioiloxi-4-metil-2-cromenona y su fórmula química es C₁₄H₁₆ClO₅PS (Wikipedia, 2015).

- *Propiedades farmacodinámicas*

Su principal mecanismo de acción es la inhibición de la acetilcolinesterasa, lo que provoca en el ácaro varroa una acumulación postsináptica de acetilcolina y una interferencia en la transmisión normal del impulso nervioso; tiene lugar una fase de hiperexcitación y convulsiones seguida por parálisis y muerte del ácaro. (MSPSI, 2013).

- *Datos farmacocinéticos*

Las abejas están expuestas a cumafós por su contacto con las tiras dispuestas entre los marcos en el centro de la colonia. El contacto social entre ellas es el factor principal para la distribución de cumafós entre la población de abejas. (MSPSI, 2013)

- *Estructura química.*

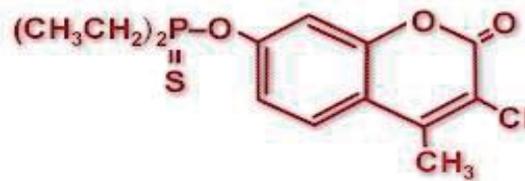


Figura 6: Estructura química del cumafós (Junquera, 2015b)

- *Tipo de acción*

Insecticida, garrapaticida, acaricida, adulticida y larvicida de contacto

- *Información Toxicológica*

LD50 oral aguda ratas: 15.5-41.0 mg/kg

LD50 dermal aguda ratas: 860 mg/kg

- *Resistencia de los ectoparásitos*

Presenta resistencia cruzada con otros organofosforados y carbamatos (Junquera, 2015b)

- *Toxicidad medioambiental del cumafós*

El cumafós es muy tóxico para las aves, moderadamente tóxico para los peces y altamente tóxico para invertebrados acuáticos. El cumafós es bastante persistente en el medio ambiente. La vida media en el suelo bajo metabolismo aeróbico es de 1 año (Junquera, 2015b)

- *Propiedades físicas y químicas*

- Su aspecto es en forma de cristales blancos.
- Densidad relativa (agua=1) es 1.47
- Punto de fusión es a 91°C,
- Es insoluble en agua (CCE y IPCS, 1994)

c. Timol.

El timol (2-*isopropil-5-metilfenol*), pertenece al grupo de los terpenos y es una sustancia cristalina incolora que está presente en la naturaleza en los aceites esenciales del tomillo, *Thymus vulgaris* (IQB, 2010). Ha sido uno de los aceites esenciales más estudiados por su marcado efecto acaricida y su naturaleza orgánica (Vandame, 2000).

- *Usos del timol*

Tratamiento de la varroasis de las abejas *Apis mellifera* causada por el ácaro *Varroa destructor* (MSPSI, 2011).

- *Mecanismo de acción*

Su exacto mecanismo de acción no se conoce todavía por completo. Podría actuar directamente en el ácaro por inhalación o difusión lesionando estructuras en diferentes órganos o sistemas (el sistema nervioso del ácaro puede ser lesionado). Por volatilización, el timol satura el aire en la colmena (MSPSI, 2011).

- *Contraindicaciones*

No usar cuando la temperatura diurna exterior máxima es superior a los 30°C (MSPSI, 2011)

- *Propiedades físicas y químicas*

- Fórmula: C₁₀H₁₄O
- Punto de fusión: 51 °C
- Punto de ebullición: 232 °C
- Solubilidad: 1 g/l en agua a 20 °C

- *Información toxicológica*

DL50 oral rata: 980 mg/kg

DL50 dérmica rata: > 2.000 mg/kg

- *Toxicidad medioambiental*

Riesgo para el medio acuático, con efectos nocivos duraderos.

- *Estabilidad del producto*

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (Panreac, 2006).

- *Modo de uso*

Con el fin de reducir el costo de la molécula se puede utilizar sin más problemas el timol de síntesis, existiendo dos formas fáciles de elaborar un tratamiento a base de timol: sobre oasis, o en forma de cristales (Vandame, 2000).

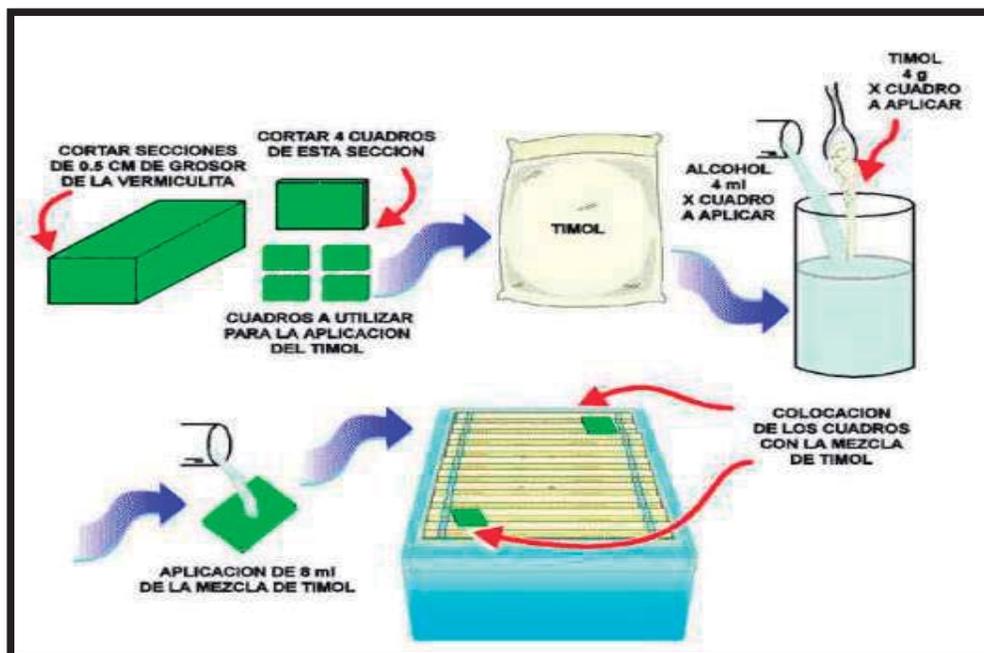


Figura 7: Preparación de timol en oasis y aplicación sobre los bastidores (Vandame, 2000)

- *Procedimiento para preparar el timol en oasis*

Se tiene que cortar el oasis en cuadritos de 6 cm x 4 cm x 0.5 cm; estos cuadritos servirán para ser impregnados del timol y serán colocados en las colonias; por otro lado se disuelven 4 g de timol con 4 ml de alcohol, luego se impregna cada cuadro de oasis con 8 ml de la solución preparada; por ejemplo, si se tiene que aplicar el timol en 10 colonias, se necesita preparar, para el primer tratamiento, 20 cuadritos (dos para cada colonia); por esto, se hace una mezcla de 80 g de timol disueltos en 80 ml de alcohol; esta mezcla total se reparte en 20 cuadros y con la jeringa se debe verter 8 ml de la solución por cada cuadro de oasis (Vandame, 2000).

- *Aplicación del timol a las colonias*

Se colocan dos cuadros de oasis con timol por colonia, en la cámara de cría, sobre los cabezales de bastidores; lo ideal es poner el tratamiento a las dos esquinas de la cámara, a los extremos uno del otro; el tratamiento completo consiste en solo 2 aplicaciones con intervalo de 8 días; sin embargo, para mejor eficacia se recomienda aplicar 3 veces el producto. Dado su bajo costo se considera muy factible esta opción (Vandame, 2000).

d. Ácido oxálico.

El ácido oxálico es un ácido carboxílico de fórmula $H_2C_2O_4$. Este ácido bicarboxílico es mejor descrito mediante la fórmula $HOOC-COOH$. Su nombre deriva del género de plantas *Oxalis*, por su presencia natural en ellas, de hecho descubierto por Wiegleb en 1776. (Varela, 2016).

- *Aplicaciones y usos*

En apicultura este ácido es utilizado en el control de varroasis enfermedad causada por ácaros del género *Varroa* que atacan a las abejas melíferas.

- *Mecanismo de acción*

El mecanismo de acción acaricida frente a *Varroa destructor* no ha sido investigado en detalle y se atribuye a la sensibilidad del ácaro al pH ácido, de modo que la acción acaricida se cree que es debida al contactar el ácaro con la solución que contiene el ácido. (MSPSI, 2012).

- *Información toxicológica*

DL50 oral rata: 475 mg/kg

DL50 en piel de conejo: 20000 mg/kg

- *Toxicidad medioambiental*

Riesgo para el medio acuático, por lo que se debe evitar contaminar las aguas (ANDESIA, 2009).

- *Estabilidad del producto*

Estable bajo condiciones normales

- *Propiedades físicas y químicas*

- Apariencia: cristales blancos

- Acidez: 1.3 (en solución 0.1 M)

- Solubilidad en agua: 100 g por litro de agua

- Punto de fusión: 101,5 C (Dihidratado), 187 C (Anhídrido)

- Densidad relativa: 1,65 (Dihidratado), 1,9 (Anhídrido) (ANDESIA, 2009)

Un punto a favor de estas sustancias, es que se encuentran en productos de las abejas naturalmente y se supone que son inofensivas en los productos alimenticios; sin embargo, su uso está restringido a los periodos sin flujo de néctar, para evitar la generación de niveles superiores a los contenidos naturales (Vandame *et al.*, 2012).

Este producto ha sido muy utilizado en Europa sobre todo en lugares como Suiza, Francia y Alemania, con una excelente eficacia contra varroa. Dos formas de aplicación se utilizan, una en forma de aspersión y la otra en forma de jarabe o mezcla de agua con azúcar; los resultados han sido muy buenos debido a que se hace el tratamiento en épocas de invierno, que es el momento justo en el que la reina no se encuentra poniendo huevos, debido a las bajas temperaturas (Vandame, 2000). Massaccesi (2002) indica que el ácido oxálico se debe aplicar cuando prácticamente no hay áreas de cría.

- *Procedimiento para preparar el jarabe de ácido oxálico*

Se tiene que elaborar un jarabe mezclando agua, azúcar y ácido oxálico. Para hacer esta mezcla se pone 1 kg de azúcar, 1 litro de agua y 100 g de ácido oxálico; por ejemplo, para preparar jarabe para 40 colonias, se mezclan un kg de azúcar, 1 litro de agua y 100 g de ácido oxálico; así proporcionalmente se hace el jarabe según las colonias que se tengan para hacer el tratamiento (Vandame, 2000).

- *Dosis y forma de aplicación de jarabe de ácido a las colonias*

Para aplicar el tratamiento, se abre la colonia, y se rocía el jarabe de ácido directamente sobre las abejas, entre los bastidores de la cámara de cría; para la cantidad de jarabe a administrar, se toma en cuenta la fortaleza de la colonia; por cada espacio entre bastidor y bastidor donde las abejas se encuentren, se aplican 5 ml del jarabe; así por ejemplo, si tenemos una colonia débil de cuatro bastidores con abejas, se aplicarán 20 ml; si tenemos una colonia de ocho bastidores con abejas se aplicarán 40 ml y para una colonia muy fuerte, se aplicarán 50 ml; el tratamiento completo consiste en 4 aplicaciones con intervalo de 4 días por colonia (Vandame, 2000).

2.10. ENSAYOS REALIZADOS EN EL CONTROL QUÍMICO DE VARROA.

Algunos autores han evaluado la eficacia de diferentes dosis de ácido oxálico en el control de varroa. Así podemos citar a Aguirre *et al.* (2005), quienes aplicaron el producto a dosis de 35 g/l y 40 g/l en jarabe de sacarosa, repartiendo 5 ml de la solución por espacio entre panales (50 ml por colmena), con dos aplicaciones a intervalo de 10 días, obteniendo eficacias de 82.70 y 90.35 por ciento, respectivamente; en un segundo ensayo, con tres dosis de 35 g/l, 45 g/l y 55 g/l, con tres aplicaciones a intervalos de 10 días encontraron eficacias de 86.61, 88.62 y 96.25 por ciento, respectivamente. En un tercer ensayo, con dos aplicaciones y concentración de 40 g/l, con intervalos de 10 y 21 días, lograron una efectividad de 78.20 y 64.79 por ciento, respectivamente. No se evidenciaron efectos adversos en las colmenas por efecto del producto.

Ibacache (2003), utilizó ácido oxálico para el control de varroa, en dosis de 2 g/colmena, colocando el producto en cacerola del aplicador VARROX-vaporiser. Se realizaron dos aplicaciones con intervalo de 21 días. La eficacia fue de 82.54 por ciento. Por otra parte, Guerra y Rosero (2013), evaluaron la efectividad de ácido oxálico (AO) en solución (1 kg de azúcar, 1 litro de agua y 100 g AO), aplicado a dosis de 5 ml por cada cuadro cubierto de abejas (50 ml por colmena), en tres aplicaciones, cada siete días. El porcentaje de efectividad alcanzado fue de 67.99 por ciento. Por su parte, Carreño y Salazar (2013), en un ensayo similar al anterior pero con dosis de 50 g de ácido oxálico y con cuatro aplicaciones encontraron una efectividad de 92.87 por ciento.

Gregorc y Planinc (2001) aplicaron tres soluciones de ácido oxálico (AO) a dosis de AO / sacarosa (w/w), 3.4% / 47.6%, 3.7% / 26.1% y 2.9% / 31.9%, para probar el efecto acaricida sobre *Varroa destructor* en presencia de poca y bastante cría de abejas. Los tratamientos se aplicaron a cada colonia por goteo a razón de 50 ml de la solución sobre las abejas. La efectividad de las tres soluciones aplicadas en presencia de cría fue 52.28, 40.66 y 39.16 por ciento, respectivamente. La efectividad de las soluciones de AO administrados durante un período de poca cría en todas las colonias fue 99,44 por ciento. Los resultados sugieren que AO, ha limitado el efecto acaricida en colonias con cría, pero es muy eficaz en un período de poca cría. Similares resultados encontraron Gregorc y Planinc (2002) y Gregorc y Poklucar (2003), quienes observaron diferencias en la efectividad del tratamiento en las distintas épocas del año. Por su parte, Marcangeli y García (2004), evaluaron la efectividad

de OXAVAR® (ácido oxálico), en cinco colmenas con tres y seis cuadros cubiertos de cría en desarrollo; administrándoles a los dos grupos 5 ml de OXAVAR® (64,6 g/l de ácido oxálico en agua destilada) por cuadro cubierto con abejas adultas, en tres dosis a intervalos de siete días. La efectividad fue de 85.6 por ciento para tres cuadros con cría y 75.7 por ciento para seis cuadros con cría.

Demedio *et al.* (1998), evaluaron la eficacia de amitraz en el control de varroa. Se aplicó 4 y 8 tiras plásticas de APIZEL (13.2 mg de amitraz por tira), en colmenas de un cuerpo y dos cuerpos, respectivamente, durante 6 semanas; también aplicaron dos tiras de APIVAR® (500 mg de amitraz por tira) por colmena durante seis semanas. La efectividad alcanzada fue de 95.43 por ciento para APIVAR® y 77.45 por ciento para APIZEL. Los resultados insatisfactorios obtenidos con las tiras de APIZEL están dados por la evidente subdosificación de la sustancia activa. Bolois (2012) y Leza *et al.* (2015) ensayaron el producto APIVAR® (0.5 g de amitraz) en época de primavera y otoño. Dos tiras del producto se colocaron entre dos cuadros de la cámara de cría durante 6 semanas. La efectividad varió entre 23.70 y 65.10 por ciento.

Floris *et al.* (2001), obtuvieron una eficacia de 83.8 por ciento, aplicando dos tiras plásticas de APIVAR® (amitraz 500 mg por tira), insertadas en la cámara de cría de cada colmena, en un periodo de seis semanas. La mortalidad de abejas adultas durante el ensayo presentó una diferencia estadística entre colmenas tratadas y no tratadas en la primera semana, probablemente debido al efecto del tratamiento. Por el contrario, después de la quinta semana del tratamiento se registró una mortalidad de abejas superior en las colmenas no tratadas, debido al aumento del nivel de infestación. Por otra parte, Guerra y Rosero (2013), evaluaron la efectividad de amitraz aplicado en papel filtro a dosis de 1 g por colmena. El porcentaje de efectividad fue de 91.02 por ciento.

Calderón *et al.* (2011) y Crespo *et al.* (2011) determinaron la efectividad de dos tiras de AMIVAR® (1 g de amitraz por tira de celulosa), durante cuatro semanas. La efectividad del producto fue de 97.30 y 89.20 por ciento, respectivamente. Por su parte, Marcangeli *et al.* (2005), colocaron una tira de AMIVAR® (amitraz, 1 g en tira de celulosa) en el centro del nido de cría de las colmenas durante 28 días. La eficacia alcanzada fue de 85.05 por ciento. Del Hoyo *et al.* (2008), evaluaron la efectividad acaricida de AMIVAR® (amitraz en tiras

de PVC). La evaluación la realizaron en diferentes localidades, alcanzando una efectividad promedio de 98.37 por ciento. No se observaron efectos colarales

Toledo *et al.* (2006), utilizaron tiras plásticas de PVC, conteniendo cumafós, bajo el nombre comercial de CUMAVAR®, que permanecieron dentro de las colmenas 45 días. La efectividad alcanzada estuvo entre 98.71 y 99.43 por ciento. No se observó alteración en abejas y sus crías. Crespo *et al.* (2011), evaluaron la eficacia otoñal de CUMAVAR® (cumafós, 0.68 g) en tiras plásticas. Las tiras permanecieron en las colmenas por 45 días, La eficacia fue de 99.5 por ciento. Elzen *et al.* (2000), utilizaron tiras de cumafós formuladas al 10 por ciento, impregnados en plástico. Dos tiras del producto se insertaron en la cámara de cría. En pruebas de laboratorio y campo obtuvieron una eficacia de 82.80 y 97.00 por ciento. Lalama (2000) en condiciones tropicales, aplicó un bloque de CHECK MITE por colmena, durante 42 días. La eficacia alcanzada fue de 90.60 por ciento. En Estados Unidos, Pettis (2004) obtuvo valores de eficacia con CHECK MITE (cumafós) que resultaron variables según la región donde se realizó el ensayo. En Mayne la eficacia fue del 13 por ciento, en Maryland la eficacia varió entre 80 y 100 por ciento y en Florida la eficacia estuvo entre 7 y 80 por ciento, lo que es relacionado a la aparición de ácaros resistentes a cumafós. Por otra parte, Vásquez *et al.* (2006), determinaron la efectividad de cumafós (PERIZIN®), en periodo otoñal. El cumafós fue utilizado a una concentración de 2 por ciento de producto comercial, para lo cual se diluyeron 1 ml de PERIZIN® en 50 ml de solución azucarada; se realizaron dos aplicaciones sobre los cabezales de los marcos con intervalo de siete días. La efectividad alcanzada fue de 16 por ciento.

Guerra y Rosero (2013), evaluaron la efectividad de timol preparado a dosis de 4 g en 4 ml de alcohol que fueron aplicados en cuadritos de esponja de 6 cm x 4 cm x 0.5 cm. Se colocaron dos cuadritos por colonia con dos aplicaciones cada ocho días. El porcentaje de efectividad fue de 70.43 por ciento. Moyón (2013) alcanzó una eficacia de 62.80 por ciento, al aplicar timol en oasis (10 g/colonia), dos aplicaciones cada ocho días; además el producto presentó incidencia negativa, al existir mortalidad de la cría. Por otra parte, De Felipe y Vandame (1999), compararon el tratamiento timol en tres formas de presentación. 1) Colocaron dos tapas con 4 g de timol, cada una sobre los cabezales, en las esquinas de la cámara de cría; 2) colocaron dos cuadros de algodón, impregnado con 4 g de timol, disuelto en 3 ml de alcohol sobre los cabezales; 3) colocaron dos tabletas de vermiculita (APILIFEVAR) impregnadas con 4 g de timol disuelto en 3 ml de alcohol sobre los

cabezales. Se obtuvo una efectividad de 87.60 por ciento para APILIFEVAR, 57.70 por ciento para timol en algodón y 82 por ciento para timol en polvo. Esto refleja la importancia que las abejas puedan desagregar el soporte y repartir el producto en toda la colonia, condición que solo cumple la vermiculita y no el algodón.

Schmidt *et al.* (2008), lograron una eficacia de 90 por ciento utilizando Apilifevar (timol, mentol, alcanfor, eucaliptol). La dosis utilizada de APILIFEVAR® fue de cuatro placas (80 g total del producto por colmena) aplicadas en cuatro parcialidades iguales cada siete días. No se registró ningún efecto adverso en la colonia.

Giacomelli *et al.* (2015), estudiaron la eficacia de APIGUARD® (timol), usado solo o en combinación con el método biotecnológico de reinas enjauladas. El producto fue empleado bajo la presentación de bandejas de aluminio con 12.50 g de timol en 50 g de gel. Dos bandejas (una cada dos semanas) fueron colocadas en la parte superior de los cuadros de cría. APIGUARD® mató 76.10 por ciento de los ácaros en colmenas sin reina enjaulada, mientras que reina enjaulada y sin APIGUARD® mató un 40,60 por ciento de los ácaros. APIGUARD® mas el enjaulado de la reina mató 96,80 por ciento de los ácaros, lo cual explica la capacidad del timol para matar a los ácaros en las abejas adultas y su incapacidad para hecerlo en la cría de obreras.

Calderón *et al.* (2014), en condiciones de clima tropical, aplicó APIGUARD® (timol) a dosis de un paquete de 25 g de gel colocado sobre los marcos de la cámara de cría en dos aplicaciones. La efectividad fue de 96 por ciento. Gregorc y Planinc (2012), evaluaron la efectividad de APIGUARD® (timol), en periodos de mayor presencia de cría. APIGUARD® se colocó sobre las barras superiores de los cuadros de cada cámara de cría. Se lograron eficacias entre 18.93 y 46.50 por ciento. Los resultados indican que APIGUARD® es de uso limitado durante los periodos de cría.

Del Hoyo *et al.* (2004), evaluaron dos tratamientos a base de NATURALVAR® (timol). El Tratamiento 1 (2 aplicaciones), consistió en dos tabletas de NATURALVAR®, durante 15 días, luego de ese periodo se procedió a retirarlas y colocar dos tabletas nuevas. El Tratamiento 2 (1 aplicación), consistió en dos tabletas de NATURALVAR® en una sola aplicación. La efectividad fue de 90.68 por ciento para dos aplicaciones y 80.16 por ciento para una aplicación. No detectaron diferencias significativas en la cantidad de abejas

muertas. Bulacio *et al.* (2010), reportan para NATURALVAR® una efectividad de 81 por ciento en el 2006 y 82 por ciento en el 2008, administrando el producto en dosis de 32.12 g aplicados cada 15 días (dos dosis de 16.06 g) repartidas en dos tabletas de vermiculita colocadas sobre los cabezales de los marcos de las cámaras de cría. Por su parte, Bulacio y Rivero (2011), alcanzaron una eficacia de 89 por ciento con NATURALVAR® en las mismas condiciones del trabajo anterior.

May-Itzá *et al.* (2007) aplicaron el timol en geles (12.5 g de timol en 50 g de gel). Se aplicó una bandeja de gel timol con dos repeticiones cada 15 días y dos bandejas con una sola aplicación. La eficacia fue de 97 por ciento para una bandeja y 93 por ciento para dos bandejas. En este trabajo se observó que la aplicación de una sola bandeja de gel con timol no presentó ningún efecto negativo sobre la población de abejas; sin embargo, aplicando dos bandejas, el mismo día, observaron que dos colonias enjambraron y en las restantes, las abejas se aglomeraban en la entrada de la colmena. Eguaras *et al.* (2004) aplicaron el timol contenido en vermiculita, administrándolo de dos formas; una aplicación única de 25 g y otra de dos aplicaciones de 12.5 g cada una, separadas por 12 días. Obtuvieron eficacias del 94 y 91 por ciento, respectivamente, sin verse afectadas las abejas adultas y la cría.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se realizó en el Apiario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina, provincia de Lima-Perú, que esta geográficamente a 12° 05' 06" Latitud Sur y 76° 57' 00" Longitud Oeste, a 238 m.s.n.m. La fase experimental se realizó en época primaveral, desde el 3 de octubre hasta el 30 de noviembre del 2015. Durante el ensayo se registró una temperatura promedio mínima de 16°C y máxima de 23°C; la humedad relativa mínima fue de 79 por ciento y la máxima de 80 por ciento (Anexo 1).

3.2. MATERIAL DEL ENSAYO

El material utilizado en el presente ensayo se detalla a continuación:

3.2.1 MATERIAL BIOLÓGICO

El material biológico fue facilitado por el Proyecto de Investigación y Proyección Social Apícola la Molina (PIPSA-La Molina), el cual consistió en 20 colonias de abejas europeas, *Apis mellifera* L., infestadas naturalmente con *Varroa destructor* y seleccionadas al azar desde un grupo de 60 colonias, ubicadas en colmenas tipo Estándar Americana de un solo cuerpo (Figura 8). Además se agregó un alza a las colmenas que lo requerían de acuerdo al desarrollo poblacional de cada colonia. Genéticamente el material estaba constituido por un cruce de abejas de raza italiana por abejas de la raza carniola. Cada colmena contenía seis panales de cría, cuatro panales de reserva alimenticia y alrededor de 24 mil abejas, las que fueron sometidas a nutrición suplementaria constituida por una dieta energética a base de agua, azúcar y limón, con una frecuencia semanal de 1 litro por colmena; también se les proporcionó una dieta proteínica consistente en agua, azúcar y mezcla de harinas (soja, haba, arveja, etc.) la cual fue suministrada a razón de ½ litro en bolsas de plástico cada 15 días. Estas colonias nunca han sido tratadas con productos convencionales, solo han recibido en los últimos 18 años tratamiento con ácido oxálico para combatir la presencia de varroa.



Figura 8: Apiario experimental

El último tratamiento con ácido oxálico antes del experimento se hizo en el mes de mayo del 2015.

3.2.2. OTROS MATERIALES

a. Material de protección del apicultor y de manejo de colmenas.

- Careta
- Guantes
- Ahumador
- Cepillo

b. Materiales complementarios.

- Colmenas con sus respectivos marcos, pisos, alzas, entretapas y techos.
- Portanúcleos vacíos.
- Detergente granulado
- Plumón indeleble
- Separador de varroas.

- Juego de tamices
- Esponja floral (oasis)
- Alcohol etílico de 96°
- Papel Kraft
- Jeringas plásticas de 10 ml
- Refrigerador
- Bandejas de porcelana de fondo blanco
- Tijera
- Brocha de 4 cm de ancho x 5 cm de largo en su base, con un mango de 15 cm.

c. Trampas para captura de varroa.

Se construyeron 60 marcos trampa para la captura de varroas. Las características de cada uno de ellos son las siguientes: Ancho 37 cm, largo 48 cm y altura 0.8 cm (Figura 9); cada uno de los cuales llevó en su parte superior una pieza delgada de malla plástica de 3 mm de abertura, mientras que en su parte inferior contenía una lámina de cartulina relativamente gruesa de color blanco sobre la cual se marcaron líneas con plumón indeleble y se determinó nueve cuadrículas para facilitar el conteo de las varroas que cayeron diariamente por un periodo de 45 días.

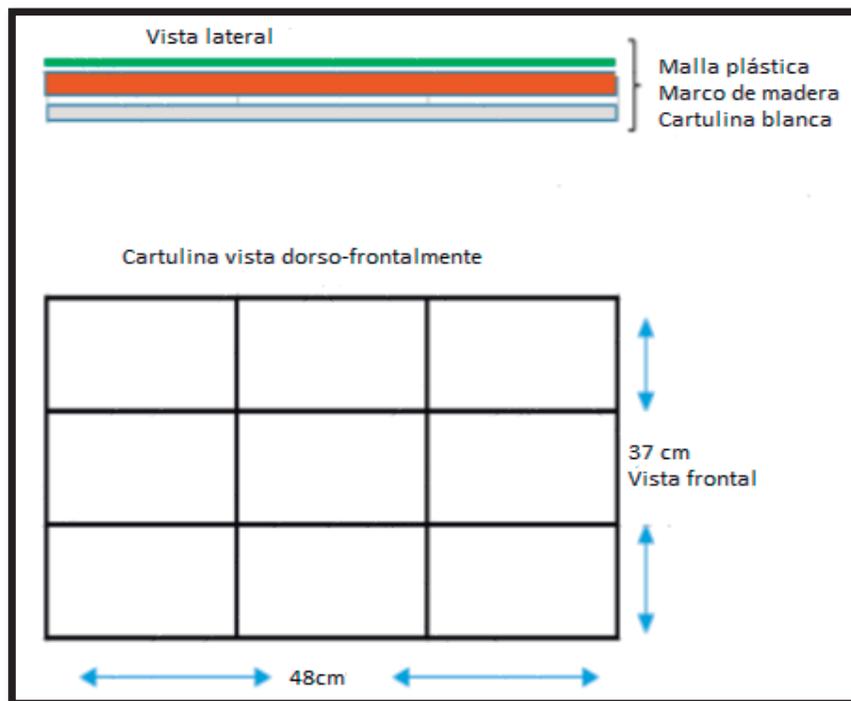


Figura 9: Diseño de una trampa de varroa (Silva, 2006)

La cartulina se untó en su cara superior con vaselina incolora marca PORTUGAL más aceite de motor automotriz marca REPSOL extra premium SAE 50 (Figuras 10 y 11), lo que evitó que los ácaros caídos en la trampa vuelvan a reinfestar a las abejas.



Figura 10: Preparación de la sustancia adhesiva.

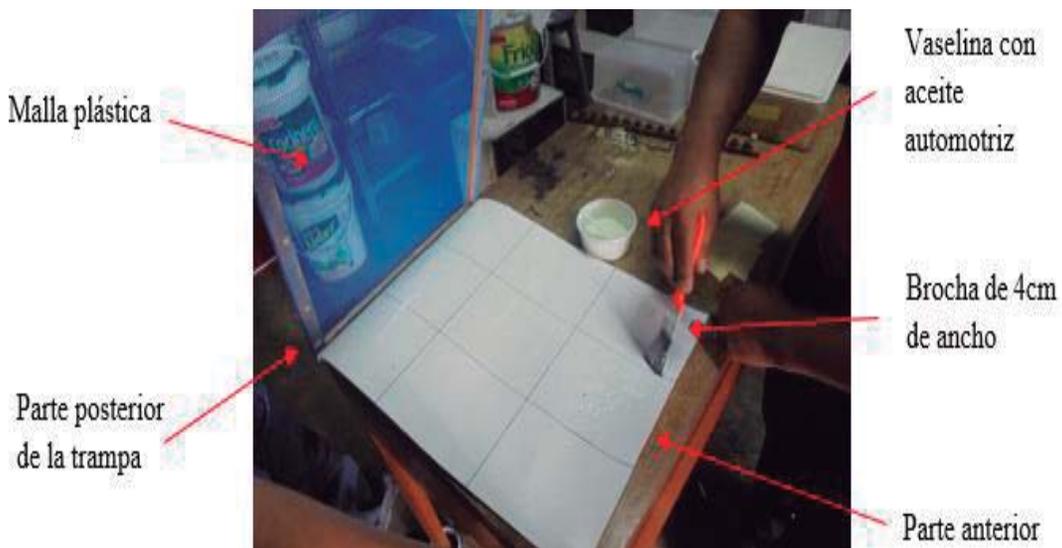


Figura 11: Colocación de sustancia adhesiva sobre la cartulina cuadrículada

Un marco de madera sirvió de soporte tanto para la cartulina como para la malla plástica. Esta última evitó que las abejas limpiadoras ingresen y retiren los ácaros que cayeron en la cartulina por efecto de los productos acaricidas (Figura 12)

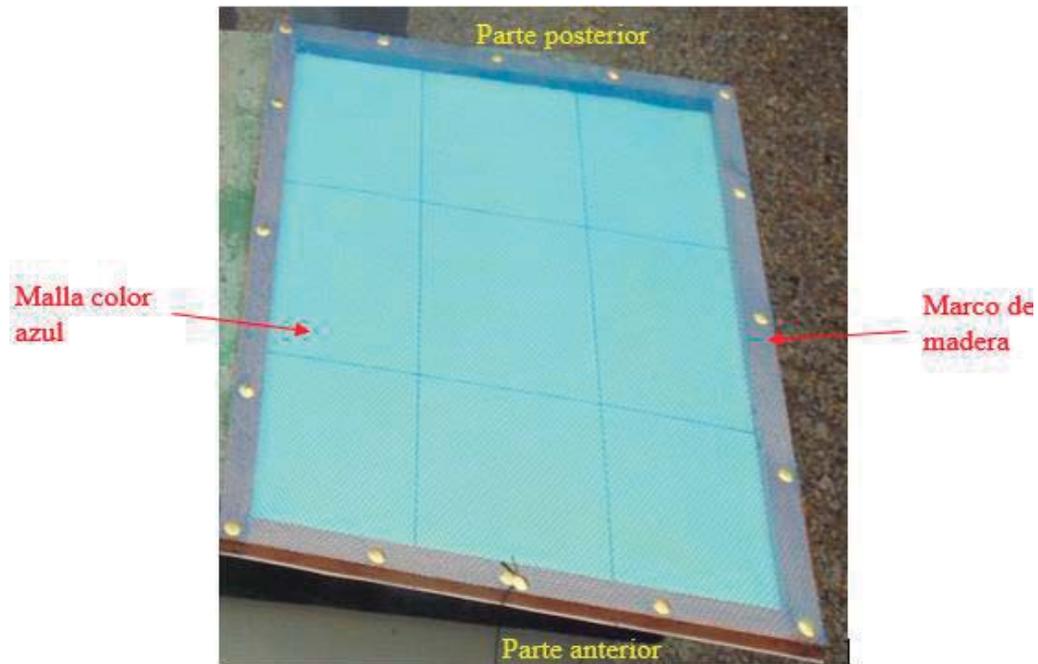


Figura 12: Trampa de varroa

3.2.3 PRODUCTOS QUÍMICOS

En la presente investigación se aplicó dos acaricidas químicos, como son CUMAVAR y AMIVAR con sus principios activos cumafós y amitraz, respectivamente, los cuales fueron elaborados por Laboratorios APILAB de Argentina y que están registrados por la Autoridad Sanitaria del Perú (SENASA), siendo distribuidos por la Empresa de Servicios Veterinarios “TODO CAMPO”. También se evaluó dos productos orgánicos que corresponden a cristales de ácido oxálico y timol. La información técnica de cada uno de los productos ensayados se expresa en Cuadro 1.

Cuadro 1: Información técnica * de los productos utilizados en la investigación

Características técnicas	ácido oxálico	amitraz	cumafós	timol
Nombre químico	ácido oxálico.	N ⁺ -(2,4-dimethylphenyl)-N- [[[(2,4-dimethylphenyl) imino } methyl]]-N methylmethanimidamide N, N-bis (2,4-xililiminometil) metilamina	3-cloro-7-dietoxifosfinotioiloxi-4-metil-2-cromenona	2- iso propil-5-metilfenol
Grupo químico	Ácido orgánico	Amidina	Organofosforado	Terpeno
Formula química	H ₂ C ₂ O ₄ .	C19H23N3	C14H16ClO5PS	C ₁₀ H ₁₄ O
Nombre comercial	ácido oxálico	AMIVAR	CUMAVAR	timol
Concentración	En su forma pura (al 100%)	Cada 11.77 g de tira contiene 0.49 g del principio activo	Cada tira de 12.3 g contiene 1.05 g del principio activo.	En su forma pura (al 100%)
Tipo de acción	Acaricida	Acaricida	Insecticida, garrapaticida, acaricida, adulticida y larvicida	Desinfectante, fungicida y varroicida.
Propiedades físicas y químicas	Aspecto: Cristales incoloros higroscópicos o polvo blanco. Olor: Inodoro. Soluble en alcohol y agua, cristaliza fácilmente en el agua en forma dihidratada. Acidez: 1,19 pKa, Solubilidad en agua: 9,5 g/100 ml (15°C)	Su estado físico es en forma de cristales incoloros. Es soluble en la mayoría de los disolventes orgánicos	Su aspecto físico en forma de cristales blancos. Densidad relativa (agua=1): 1.47. Punto de fusión 91°C. Solubilidad en agua: insoluble.	Cristales: de incoloro a blanco. Densidad: 0.97 g/ml (20 °C); 0.93 g/l (70 °C). Punto de fusión: 49 - 51 °C. Solubilidad: 0.98 g/l en agua a 25 °C; 1.000 g/l etanol; 1.428 g/l cloroformo.

<<Continuación>>

DL50	Oral, ratas = 475 mg/kg. Piel, Conejos = 20000 mg/kg	Oral aguda en ratas: 800 mg/kg	Oral aguda en ratas: 15.5-41 mg/kg	Dérmica, rata :>2000 mg/kg. Oral, rata: 980 mg/kg
Modo de acción	Posiblemente sistémica y contacto	Por contacto	Por contacto	Por sofocación
Mecanismo de acción	Se atribuye a la sensibilidad del ácaro al pH ácido.	Las amidinas son antagonistas de los receptores de la octopamina en el cerebro de los parásitos: provocan hiperexcitabilidad, parálisis y muerte.	Se une a la enzima colinesterasa, bloqueándola, lo que interrumpe la transmisión de impulsos nerviosos en el parásito que queda paralizado y muere.	Su exacto mecanismo de acción no se conoce todavía por completo. Podrá actuar directamente en el ácaro por inhalación o difusión lesionando estructuras en diferentes órganos o sistemas (el sistema nervioso del ácaro puede ser lesionado)
Resistencia en ganadería	No hay información disponible	Sí	Sí, cruzada con otros organofosforados y carbamatos	No hay información disponible
Persistencia	Estable bajo condiciones normales	Moderadamente persistente. La vida media en el suelo es menor de 24 horas	Bastante persistente en el medio ambiente.	Como es una sustancia natural, el timol se metaboliza muy pronto y se descompone naturalmente en el ambiente.
Toxicidad medioambiental	Peligroso para la vida acuática. No es de esperar una bioacumulación.	Relativamente inocuo para las abejas.	Es muy tóxico para las aves, moderadamente tóxico para los peces y altamente tóxico para invertebrados acuáticos.	Tóxico para organismos acuáticos

* **Elaboración propia.** En base a información que se presenta en la revisión de literatura de la presente tesis.

3.3 MÉTODOS

El ensayo se realizó de acuerdo a la siguiente metodología.

3.3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación se desarrolló bajo el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro productos químicos aplicados que fueron: ácido oxálico, amitraz, cumafós y timol; y un testigo sin aplicación; cada producto fue ensayado en cuatro colmenas, haciendo un total de 20 colonias de abejas ensayadas.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

- Y_{ij} = Efectividad observada con el i-ésimo acaricida en la j-ésima colmena
- μ = Media poblacional de la infestación de las colmenas.
- T_i = Efecto del i-ésimo acaricida.
- E_{ij} = Error experimental.

En la Figura 13 se presenta la distribución al azar de los tratamientos ensayados.

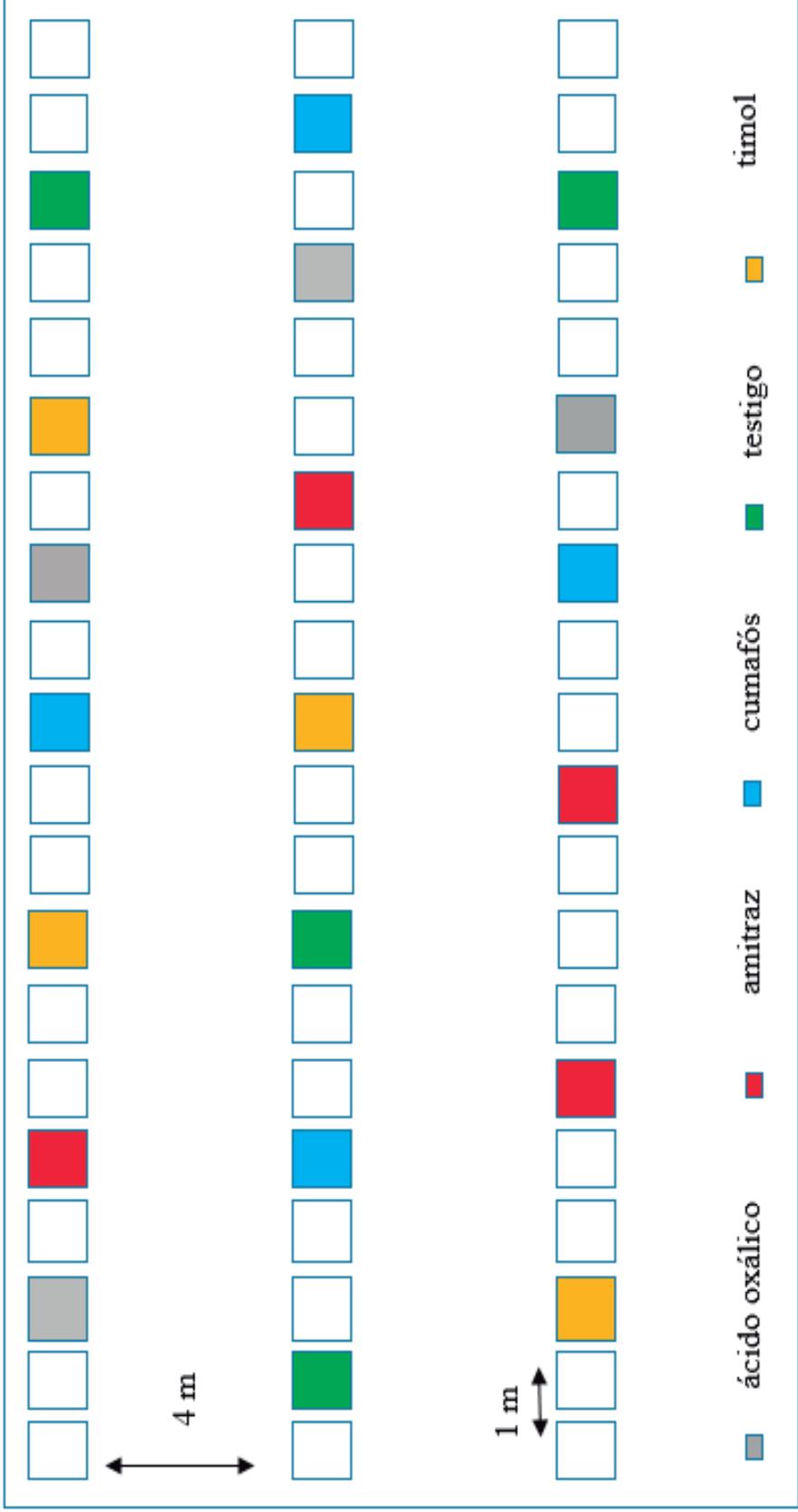


Figura 13: Distribución de las colmenas empleadas en el ensayo, según tratamientos.

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS (T)

Ácido oxálico (T1): se aplicó un sobre papel Kraft que contenía una mezcla de ácido oxálico con azúcar impalpable a razón de 2.5 g de ácido oxálico por 40 g de azúcar por colmena (Figura 14). La mezcla se colocó sobre los cabezales de los marcos de la cámara de cría (Figura 15) a intervalos de 8 días, con tres aplicaciones por colmena. La última aplicación se dejó que las abejas terminen de consumir el producto hasta los 45 días de iniciado el experimento.



Figura 14: Materiales usados en la preparación del tratamiento con ácido oxálico



Figura 15: Colocación del sobre de ácido oxálico sobre los cabezales de la cámara de cría

Amitraz (T2): se aplicó dos tiras de amitraz (AMIVAR) por colmena ubicadas en la cámara de cría. Una tira se colocó entre los marcos 3 y 4, la segunda en el espacio entre los marcos 7 y 8 (Figura 16), por un periodo de 45 días.



Figura 16: Ubicación del producto amitraz, entre los marcos de la cámara de cría

Cumafós (T3): se aplicó dos tiras de cumafós (CUMAVAR) por colmena ubicadas en la cámara de cría. Una tira se colocó entre los marcos 3 y 4, la segunda en el espacio entre los marcos 7 y 8 (Figura 17) por un periodo de 45 días.



Figura 17: Ubicación del producto cumafós, entre los marcos de la cámara de cría

Testigo (T4): Un grupo de cuatro colmenas no recibió tratamiento alguno.

Timol (T5): se aplicaron 8 g de timol diluido en 8 ml de alcohol al 96 por ciento, distribuidos en partes iguales en dos cuadrículas de esponja de oasis de 6 cm x 4 cm x 0.8 mm por colmena (Figura 18). El producto final se colocó sobre los cabezales en los extremos de la cámara de cría en forma diagonal (Figura 19). Se realizó un total de tres aplicaciones cada ocho días.

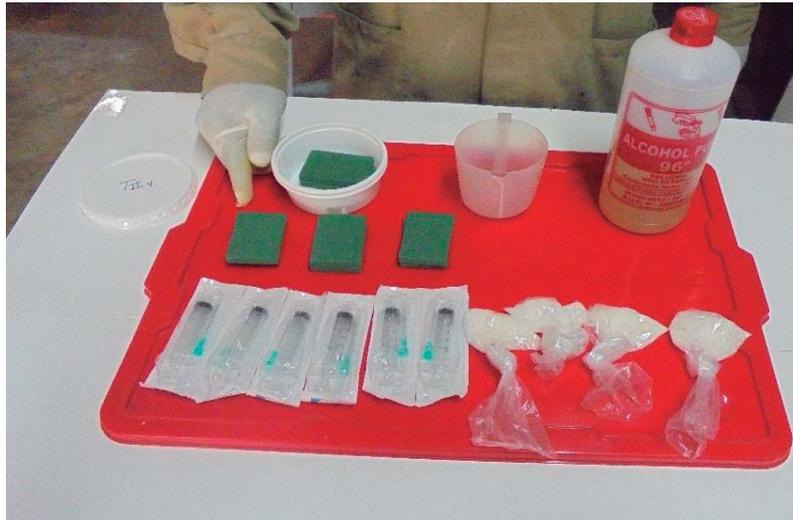


Figura 18: Materiales usados en la preparación del tratamiento con timol



Figura 19: Esponjas de oasis con timol ubicadas sobre los cabezales de la cámara de cría

Cuadro 2: Descripción de los tratamientos empleados en el ensayo.

Tratamientos	Principio activo	Nombre comercial	Presentación del producto	Dosificación	Modalidad de aplicación
T1	ácido oxálico	No tiene	Cristales	2.5 g por colmena (tres aplicaciones)	En mezcla con azúcar impalpable, en sobre de papel Kraft
T2	amitraz	AMIVAR	Tiras plásticas	2 tiras por colmena	Ubicados entre los marcos 3 y 4, y 7 y 8
T3	cumafós	CUMAVAR	Tiras plásticas	2 tiras por colmena	Ubicados entre los marcos 3 y 4, y 7 y 8
T4 (Testigo)	-	-	-	-	-
T5	timol	no tiene	Cristales	8.0 g por colmena (tres aplicaciones)	Diluido en alcohol etílico al 96%

3.3.3 PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló desde el 03 de octubre hasta el 30 de noviembre del 2015. El 03 de octubre se hicieron las determinaciones de infestación inicial en las colmenas usadas para el estudio y el 30 de noviembre se realizó el retiro de remanentes de los productos empleados para el tratamiento de shock, así como también el conteo del número de varroas caídas en la trampa.

3.3.4 SECUENCIA ORDENADA Y LÓGICA DE ACTIVIDADES CONDUCENTES A LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS ENSAYADOS.

A continuación se presenta de manera detallada las actividades concernientes a la toma de muestras de abejas, aplicaciones de tratamientos a las colonias sujetas a estudio, retiro de remanentes de productos químicos y tratamiento de shock químico, entre otros:

a. Determinación del porcentaje de infestación inicial en abejas adultas de las 20 colmenas seleccionadas para el ensayo, y determinación de la situación general de las colmenas antes de las aplicaciones de los acaricidas

Cuatro días antes de aplicar los tratamientos se determinó el estado de infestación inicial de varroa en abejas adultas. Para realizar este proceso, primero se extrajo el panal que contenía la reina y se lo colocó en un porta núcleo para evitar una posible pérdida de la misma, luego se sacó un panal con abejas de la parte central de la cámara de cría y se sacudió tratando de que caigan alrededor de 300 abejas (Figura 20).



Figura 20: Abejas sumergidas en agua con detergente

Para separar los ácaros del cuerpo de las abejas adultas se sumergieron estas últimas en una solución de agua con detergente, luego se agitaron por un lapso de dos minutos y a continuación se realizó el tamizado (Figura 21). En el tamiz quedaron atrapadas las abejas; mientras que las varroas lo atravesaron y se recogieron en una bandeja de fondo blanco, luego se descartó el agua, quedando expuestos los ácaros muertos, los mismos que fueron introducidos en un taper (Figura 21).

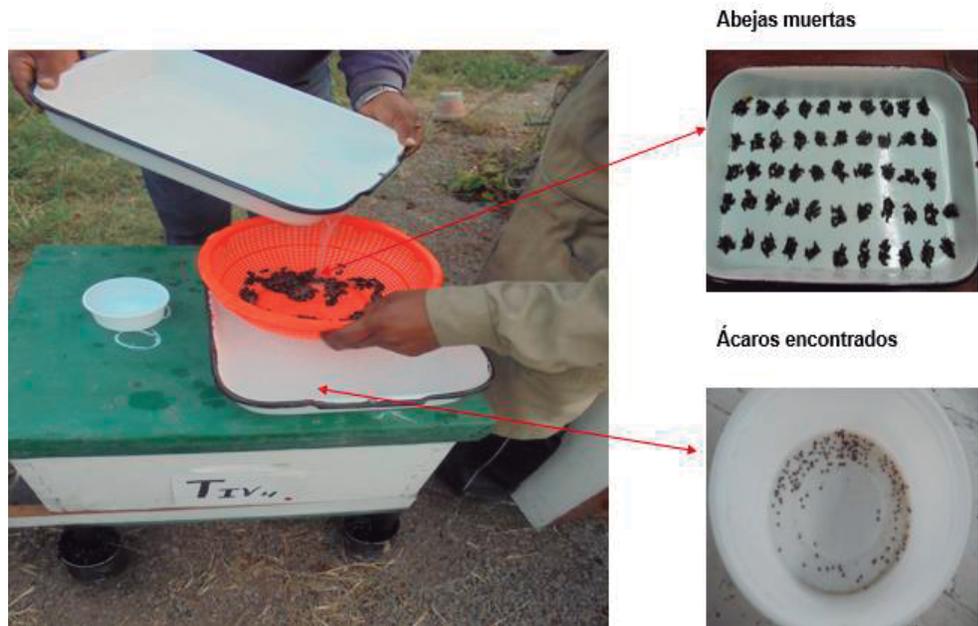


Figura 21: Parte izquierda (tamizado de varroas). Parte superior derecha (abejas muertas). Parte inferior derecha (varroas)

Finalmente se contabilizaron todas las varroas obtenidas por muestra para determinar la relación entre el número de abejas y el número de varroas foréticas presentes; este último valor se llevó a porcentaje con respecto al número de abejas de la muestra aplicando una regla de tres simple.

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

Además, se realizó la determinación de la situación general de las colmenas antes de las aplicaciones de los tratamientos; para lo cual se registró el número de abejas por colmena, número de panales de cría, número de panales con reserva alimenticia y la postura en la reina

Se revisó las colmenas y se estimó el número de abejas presentes por colmena. En esta estimación se consideró un total de 3000 abejas por panal, cuando este se encontró densamente cubierto (Figura 22). Cabe resaltar que el número estimado de abejas por colmena al iniciar el experimento fue de 24 mil individuos para todas las unidades experimentales.



Figura 22: Verificación del número de abejas por colmena

Se revisó en el primer cuerpo la presencia de cría abierta y cría cerrada (Figura 23). Al inicio del experimento se homogenizo a todas las unidades experimentales, presentando cada una seis panales con cría.



Figura 23: Verificación del número de panales con cría

Se determinó la presencia de panales con reserva alimenticia observando el primer, segundo, noveno y décimo panal de la cámara de cría (Figura 24). Es importante destacar que todas las unidades experimentales tuvieron el mismo número de panales (4) con reserva alimenticia al inicio del experimento.



Figura 24: Verificación del número de marcos con reserva alimenticia

Además, se observó la postura realizada por parte de la reina para verificar la presencia de espacios vacíos existentes en los panales con cría cerrada, que se le conoce con el nombre de postura en forma de mosaico, que podría estar relacionado a la remoción que hacen las abejas limpiadoras de la cría afectada por los acaricidas.

b. Primera aplicación de productos químicos y orgánicos a las unidades experimentales.

Se colocó dos tiras que contenían el principio activo cumafós y amitraz en la cámara de cría de las colmenas que corresponden a estos tratamientos. Una tira se colocó entre los marcos 3 y 4, la segunda en el espacio entre los marcos 7 y 8 respectivamente. También se colocó un sobre de ácido oxálico encima de los cabezales de la parte central de la cámara de cría de las colmenas que corresponden a este tratamiento. Finalmente, se ubicó dos cuadrillos de oasis que contenían timol disuelto en alcohol, cada uno opuesto a cada esquina sobre los cabezales de la cámara de cría. Cabe resaltar, que en el caso de los acaricidas de síntesis (cumafós y amitraz) se realizó una sola aplicación durante 45 días. Además se colocó una trampa ubicada en el fondo de la colmena con el fin de coleccionar y registrar los ácaros que cayeron por efecto de los tratamientos (Figura 25).



Figura 25: Introducción de las trampas en el fondo de las colmenas

c. Conteo de ácaros presentes en la trampa para varroa y conteo de abejas muertas

Para medir el efecto que produjeron los acaricidas se contabilizaron las varroas caídas en las trampas a las 24, 48 y 72 horas después de la aplicación de los productos, incluyendo tanto los ácaros muertos como vivos que quedaron adheridos en la capa de vaselina más aceite, impidiendo que vuelvan a infestar a otras abejas. Además, la malla de la trampa evitó que las abejas tomen contacto con las varroas, evitando que éstas las eliminen de la colmena. Para el efecto se procedió a retirar la trampa de varroa del piso de la colmena e inmediatamente se reemplazó por una nueva. Una vez que retiró todas las trampas se trasladaron a una mesa acondicionada, con adecuada iluminación y se contó los ácaros de cada una de las cuadrículas en el sentido de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo (Figura 26). Los datos registrados fueron anotados en una tabla de evaluación.



Figura 26: Conteo y registro de ácaros caídos por efecto de los tratamientos

A la par con el proceso antes descrito, también se registró el número de abejas que cayeron sobre la tela metálica de la trampa de varroa, con el fin de determinar posibles efectos colaterales de los productos químicos

d. Segunda aplicación de productos orgánicos, ocho días después de la primera aplicación.

Al día ocho de aplicados los tratamientos se realizó la segunda aplicación de los productos orgánicos ácido oxálico y timol ya que al estar elaborados artesanalmente su liberación es por pocos días.

e. Conteo de ácaros presentes en la trampa para varroa.

Cada cuatro días se continuó realizando el conteo de los ácaros que cayeron en las trampas de varroa por efecto de los acaricidas.

f. Tercera aplicación de productos orgánicos, ocho días después de la segunda aplicación

En este paso se realizó la última aplicación de los productos orgánicos, ácido oxálico y timol

g. Conteo de ácaros presentes en la trampa de varroa

Cada cuatro días, se retiró las trampas de varroa del piso de la colmena, reemplazándolas por una nueva. Luego se contó los ácaros que cayeron en las trampas de varroa por efecto de los tratamientos

h. Retiro de los remanentes de los productos (tiras, sobres, oasis) a los 45 días después de iniciado el experimento

Una vez que se cumplieron 45 días de aplicación de los productos se retiró los remanentes de tiras, sobres y oasis, los mismos que fueron colocados en lugares específicos para su disposición final, de acuerdo a instrucciones del fabricante.

i. Determinación, 45 días después de iniciado el ensayo, del porcentaje de infestación final en abejas adultas de las 20 colmenas seleccionadas para el ensayo, y determinación de la situación general de las colmenas al final del ensayo.

Luego de haber retirado los remanentes de los productos acaricidas, se procedió a determinar el estado de infestación final en abejas adultas de las 20 colmenas seleccionadas para el ensayo, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente para la infestación inicial. Mediante la fórmula que a continuación se indica, se determinó la efectividad de los acaricidas ensayados.

$$\% \text{ Efectividad} = \frac{\text{Infestación inicial} - \text{Infestación final}}{\text{Infestación inicial}} \times 100$$

j. Aplicación de un tratamiento control o “shock químico” a todas las colonias ensayadas

Cuarenta y cinco días después de haber realizado la prueba de infestación final en abejas adultas, se procedió a colocar un producto control o “shock químico”, con el fin de matar los ácaros remanentes que sobrevivieron a los tratamientos respectivos. Se colocaron dos tiras de los productos comerciales CUMAVAR (cumafós) y AMIVAR (amitraz) en la cámara de cría de cada colmena durante ocho días. Por

tanto, el tratamiento T1 (ácido oxálico), T2 (amitraz), T4 (testigo) y T5 (timol) recibieron el shock químico con CUMAVAR; mientras que el tratamiento T3 (cumafós), recibió un shock químico con AMIVAR. Este proceso permitió determinar la efectividad de los acaricidas, utilizando un producto comercial.

k. Cuento de ácaros presentes en la trampa de varroa por efecto del “shock químico”.

Cada cuatro días, se retiró las trampas de varroa del piso de la colmena y se reemplazó por una nueva. Luego se contó los ácaros que cayeron en las trampas de varroa por efecto de los productos control “shock químico”. Una vez obtenidos los datos; tanto, de las varroas caídas por efecto de los tratamientos durante los 45 días, como de las varroas caídas por efecto del shock químico se procedió a determinar la efectividad de los tratamientos como lo indica la fórmula siguiente. Posteriormente se compararon estos porcentajes entre sí (Higes y Llorente, 1997; Barbero *et al.*, 1997; citado por Portales, 2003).

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{N^{\circ} VT}{N^{\circ} VT + N^{\circ} VSH} \times 100$$

VT= número de varroas caídas por tratamiento

VSH= número total de varroas caídas por tratamiento de shock

l. Retiro de los remanentes de los productos empleados en el tratamiento control o de “shock químico”

Una vez que la caída de varroa fue mínima como producto del “shock químico”, se retiró las tiras a base de cumafós y amitraz para su disposición final de acuerdo a instrucciones del fabricante.

3.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para el análisis estadístico de los datos, primero se verificó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos recopilados. Las variables que no cumplieron con los supuestos fueron transformadas. (a) Los datos de las variables: infestación inicial, infestación final, efectividad, número de abejas por colmena, número de panales de cría y

número de panales de reserva se transformaron a arco seno ($\arcsen\sqrt{Y}$). (b) Los datos de las variables: shock químico y caída acumulativa de varroa desde las 24 horas y hasta los 45 días se transformaron a logaritmo (logy).

Posteriormente se hizo una prueba de análisis de varianza (ANOVA), para las variables que se ajustaron a un análisis paramétrico. En los casos donde se detectaron diferencias significativas se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan, al 95 y 99 por ciento de confiabilidad según la significancia dada por el ANOVA. Los datos se procesaron con el programa estadístico "Statistical Analysis System" (SAS).

La variable número de panales de cría y número de panales de reserva, no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, pese a la transformación de los datos; por lo que, para determinar diferencias estadísticas se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. EFECTIVIDAD DE LOS ACARICIDAS BAJO DOS MODALIDADES

Los resultados de efectividad de los acaricidas probados se expresan bajo dos modalidades en razón que se procura someter a los datos encontrados a un elevado nivel de rigurosidad científica para poder determinar fehacientemente la mayor o menor efectividad de los productos acaricidas. Ambas modalidades han sido empleadas por investigadores que han llevado adelante comparativos de acaricidas en el control de varroa. En este contexto podemos citar a Lalama (2000), Guerra y Rosero (2013), Carreño y Salazar (2013) y Moyon (2013) entre otros, quienes determinaron la efectividad de los productos mediante la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y la infestación final en abejas adultas; mientras que Marcangeli *et al.* (2005), Del Hoyo *et al.* (2008), Calderón *et al.* (2011), y Crespo *et al.* (2011), para el mismo propósito emplearon la metodología denominada corrientemente como la técnica del shock químico.

4.1.1. EFECTIVIDAD DE LOS ACARICIDAS SEGÚN LA DIFERENCIA ENTRE LOS PORCENTAJES DE INFESTACIÓN INICIAL Y LA INFESTACIÓN FINAL EN ABEJAS ADULTAS.

El Cuadro 3 y la Figura 27 presentan valores de porcentajes de infestación inicial, infestación final y efectividad relativa.

Cuadro 3: Niveles de infestación inicial y final de *Varroa destructor*, sobre abejas adultas y efectividad de los acaricidas.

Tratamiento	Infestación inicial %	Infestación final %	Diferencia entre infestación inicial y final %	Efectividad relativa %
Cumafós	4.70 ^a	0.21 ^c	4.49	94.85 ^a
Timol	3.99 ^a	0.59 ^c	3.40	84.68 ^{ba}
Ácido oxálico	4.23 ^a	1.66 ^b	2.57	62.81 ^{cb}
Amitraz	3.86 ^a	1.80 ^b	2.06	55.22 ^c
Testigo	4.20 ^a	3.50 ^a	0.70	15.65 ^d

*Valores dentro de la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan, $p < 0.05$)

*Letras diferentes dentro de la misma columna indican que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$)

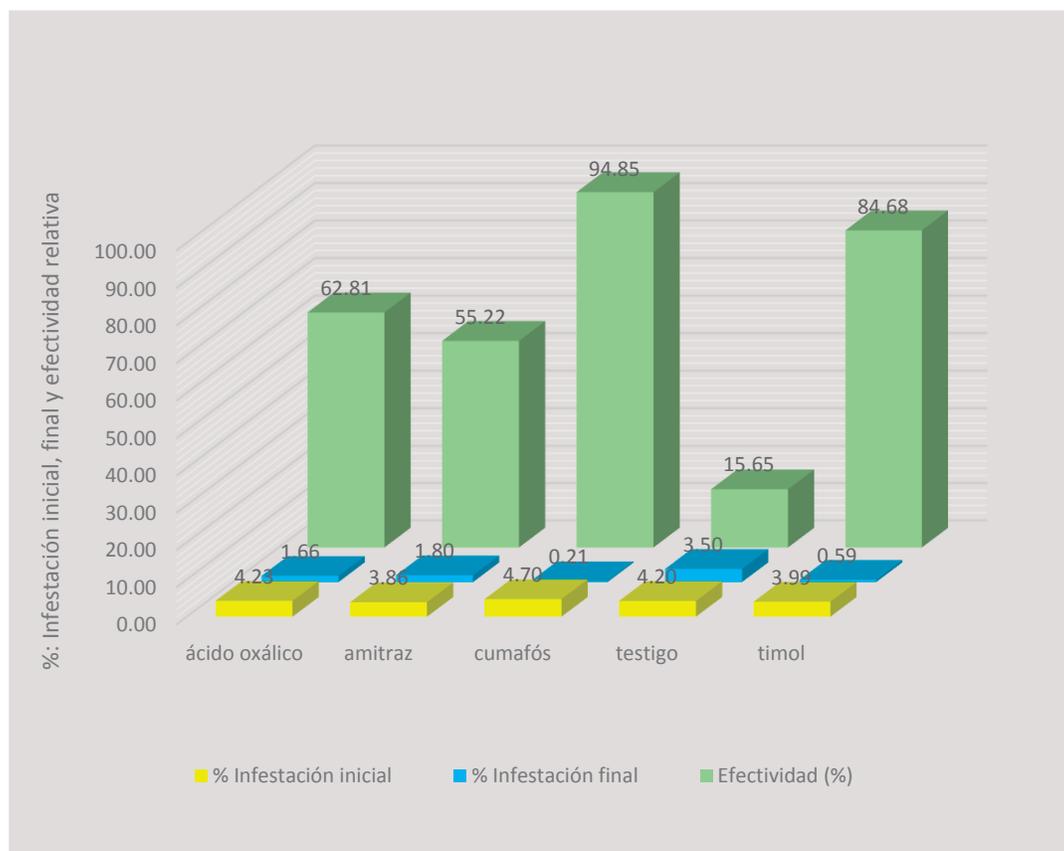


Figura 27: Porcentajes de infestación inicial, final y efectividad de acaricidas

La infestación inicial varió entre 3.86 y 4.70 por ciento. El menor porcentaje correspondió al tratamiento amitraz y el mayor porcentaje al cumafós, no habiéndose registrado diferencias significativas entre los tratamientos. Los registros de infestación inicial, en términos numéricos y estadísticos en los diferentes tratamientos ensayados y el testigo, indican que el experimento se efectuó en colmenas con niveles de infestación relativamente cercanos entre sí, lo cual pone de manifiesto que el material biológico empleado en el estudio era lo suficientemente adecuado para medir con gran confiabilidad el efecto de los tratamientos en cuestión. Una situación similar se puede apreciar en los trabajos realizados por Lalama (2000), quien registró valores de 7.40, 7.30, 8.80 y 11.30 por ciento de infestación inicial según tratamientos. Otro caso similar se puede apreciar en el ensayo de Akyol y Yeninar (2007) quienes empezaron un trabajo experimental con porcentajes de 25.87 y 24.57 por ciento de infestación inicial de varroa. Así mismo Crespo *et al.* (2011), determinaron porcentajes de infestación inicial de 4.80, 3.30 y 5.30 por ciento. A esto se suma Moyón (2013) quien reportó porcentajes de infestación inicial de 10.83, 10.50, 11.28 y 10.75 por ciento. También se puede mencionar a Carreño y Salazar (2013), quienes empezaron estudios de efectividad de acaricidas con niveles de infestación inicial de 6.76 y 6.82 por ciento. Por otra parte diversos autores han llevado adelante investigaciones de efectividad de acaricidas sobre varroa, empezando sus trabajos con porcentajes iniciales de infestación de varroa relativamente discrepantes entre sí, lo cual sin embargo, permitió establecer la efectividad de los productos ensayados. En este contexto se tiene el trabajo de May-Itzá *et al.* (2006), cuyos porcentajes de infestación inicial fueron de 12.70, 16.70 y 15.20 por ciento.

La infestación final varió entre 0.21 y 3.50 por ciento. El menor porcentaje correspondió al tratamiento cumafós y el mayor porcentaje al testigo, habiéndose registrado diferencias altamente significativas entre los tratamientos, hecho que sugiere un mayor efecto acaricida en los tratamientos cuyos valores de infestación final son menores. Tales diferencias, finalmente, juegan importante papel en la determinación de la efectividad relativa donde los mayores valores diferenciales explican mayores valores de efectividad. En los tratamientos con aplicación acaricida se observó una diferencia numérica porcentual relativamente importante entre la infestación inicial y la infestación final, la cual se manifestó en el orden de 2.06 y 4.49 por ciento, mientras que en lo correspondiente al testigo se observó una situación diferente, habiéndose registrado una diferencia en el orden de 0.70 por ciento. Lo indicado pone de manifiesto que los tratamientos acaricidas tuvieron un mayor o menor

efecto sobre la varroa, lo cual abre la posibilidad de establecer diferentes comportamientos de efectividad en compuestos acaricidas sobre varroa.

El ácido oxálico, en el presente estudio presentó una disminución substancial del porcentaje de infestación de varroa en abejas adultas, pasando de 4.23 por ciento de infestación inicial a 1.66 por ciento en la infestación final. Esta tendencia referente a la disminución de la infestación concuerda con lo reportado por Carreño y Salazar (2013), quienes registraron una tasa inicial de infestación de 6,76 y una infestación final de 0.52 por ciento. Por su parte, Moyón (2013), encontró un porcentaje de infestación final de 1.77, a partir de 11.28 por ciento de infestación inicial. De la misma manera, Akyol y Yeninar (2007) registraron un porcentaje de infestación final de 5.24, a partir de 25.87 por ciento de infestación inicial de varroa en las abejas adultas.

El producto amitraz en el presente estudio mostró una disminución del porcentaje de infestación de varroa, pasando de un 3.86 por ciento de infestación inicial a 1.80 por ciento de infestación final. Esta tendencia de disminución de la infestación es similar a lo reportado por Crespo *et al.* (2011), quien encontró una infestación inicial de 3.30 por ciento y una infestación final de 1.20 por ciento.

El cumafós en el presente ensayo mostró una excelente disminución del porcentaje de infestación de varroa, pasando de un 4.70 por ciento de infestación inicial a 0.21 por ciento en la infestación final. Esta tendencia es parecida a lo reportado por Crespo *et al.* (2011), quien encontró una infestación inicial de 4.80 por ciento y una infestación final de 0.00 por ciento.

El grupo testigo, en el presente ensayo tuvo una ligera disminución del porcentaje de infestación de varroa, pasando de 4.20 por ciento de infestación inicial a 3.50 por ciento en la infestación final. Esta tendencia en relación con la disminución de la infestación concuerda con lo encontrado con Portales (2003), quien registró una infestación inicial de 9.17 y una infestación final de 6.37 por ciento. De igual manera, Carreño y Salazar (2013), registró un porcentaje de infestación inicial de 6.82 por ciento y una infestación final de 3.74 por ciento. Contrapuestamente, Moyón (2013), en un estudio similar, encontró un ligero incremento del porcentaje de infestación de varroa, pasando de una infestación inicial de 10.83 por ciento a infestación final de 10.97 por ciento. En este mismo sentido, Leza *et al.*

(2015), informaron que el porcentaje de infestación se incrementó un 5.00 por ciento en colmenas testigo. Por su parte Schmidt *et al.* (2008), observó un incremento en la infestación de varroa, pasando de una infestación inicial de 7.09 a infestación final de 7.29 por ciento. De lo indicado se desprende el hecho de que en colmenas no tratadas con acaricidas es usual encontrar diferencias entre infestación inicial y final, siendo frecuente un ligero incremento en la infestación final.

En el presente experimento el producto timol mostró una disminución importante del porcentaje de infestación de varroa, habiendo pasado de 3.99 por ciento en la infestación inicial a 0.59 por ciento en la infestación final. Esta tendencia en relación con la disminución de la infestación coincide con lo encontrado por Moyón (2013), quien registró una infestación inicial de 10.75 y una infestación final de 4.03 por ciento. En este mismo sentido May-Itzá *et al.* (2006), determinaron porcentajes de infestación final de 0.20 y 0.30, a partir de 12.70 y 16.70 de infestación inicial, respectivamente.

Tal como se observa en el Cuadro 3, la efectividad relativa fluctuó entre 55.22 y 94.85 por ciento, correspondiendo el menor valor al amitraz, en tanto que el mayor valor correspondió al cumafós, habiéndose encontrado diferencias altamente significativas entre tratamientos. Así, el tratamiento cumafós mostró diferencias significativas con todos los demás tratamientos excepto con el timol, razón por la que el hecho sugiere que ambos productos son similarmente efectivos en el control de varroa, aunque la diferencia numérica se muestra en poco más de 10 por ciento. La eficacia del timol por su parte, difiere numéricamente de la correspondiente al ácido oxálico en cerca de 21 puntos, aunque no difieren significativamente. A su vez, el último producto mencionado no difiere significativamente del amitraz cuyo porcentaje de efectividad ligeramente supera el 50 por ciento. En términos generales, el tratamiento que mejor efectividad presentó, según el porcentaje de infestación por varroa, fue el cumafós en contraposición del amitraz que exhibió la menor efectividad. La efectividad de los tratamientos acaricidas sobre varroa obtenidos en el presente trabajo experimental, tomando como valores para la fórmula la diferencia entre la infestación inicial y final, se presenta de manera discrepante con respecto a lo encontrado por otros autores, quienes presentan mayores valores de efectividad. La discrepancia se debería a diferentes dosis y modalidad de aplicación del producto, así como a la condición de la colmena respecto a la mayor o menor presencia de crías operculadas. Por tanto, en nuestro estudio el ácido oxálico alcanzó una efectividad de 62.81 por ciento, mostrándose por debajo de lo reportado

por Guerra y Rosero (2013), Moyón (2013) y Carreño y Salazar (2013), quienes evaluando el mismo producto encontraron valores porcentuales de efectividad de 67.99, 84.85 y 92.87, respectivamente. De manera similar, Aguirre *et al.* (2005), quienes evaluando la efectividad varroicida del ácido oxálico por goteo, encontraron valores porcentuales entre 64.79 y 96.25 por ciento que resultaron variables en relación a la dosis e intervalos de aplicación.

El producto amitraz, en el presente experimento mostró una efectividad de 55.22 por ciento, el cual comparado con lo hallado por otros investigadores, resulta ser un valor menor, lo cual, se estima, obedecería a la dinámica de desarrollo biológico de las abejas, a la presentación del producto comercial o a la subdosificación del producto. Así, Bolois (2012), encontró una efectividad general de 61.91 por ciento, obtenida a partir de ensayos que variaron en eficacia en función de los distintos colmenares, estación del año y estado fisiológico. Por otro lado, Demedio *et al.* 1998, registró una efectividad 77.45 y 95.43 por ciento para los productos comerciales APIZEL y APIVAR®, respectivamente. Los resultados poco satisfactorios obtenidos con las tiras de APIZEL están dados por la subdosificación de la sustancia activa. Guerra y Rosero (2013), encontraron un valor de 91.02 por ciento de efectividad, lo que posiblemente se logró por la acción sistémica del producto amitraz.

Por otro lado, la efectividad alcanzada por cumafós en términos de 94.85 por ciento coincide de manera relativa con lo hallado por Lalama (2000), quien registró una efectividad de 90.60 por ciento. Esta similitud en efectividad estaría fundamentada por el hecho de que el producto como tal es tóxico para la varroa, toxicidad que se magnificaría gracias a la prolongada permanencia del producto en la colmena que alcanza los 45 días, lo cual le permitiría eliminar en gran medida a la varroa forética que se hace evidente en sus sucesivas generaciones.

Al determinar la efectividad de los acaricidas según la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y la infestación final en abejas adultas, se encontró que las colmenas no sometidas a tratamientos químicos, consideradas como testigo, mostraron una mortandad de 15.65 por ciento, lo cual debe entenderse como una moderada expresión de mortalidad natural de varroa, que obedecería a diversos mecanismos que las abejas emplean para librarse del ácaro, entre los cuales se puede destacar el “grooming”, el acicalamiento entre abejas y la asincronía biológica entre parásito y hospedero.

Son muy pocos los autores que ponen de manifiesto la ocurrencia de control natural de varroa en las colmenas. Entre estos se pueden citar a Carreño y Salazar (2013), quienes encontraron un valor de 45.56 por ciento; mientras que Aguirre *et al.* (2005) y Moyón (2013) determinaron que la tasa de infestación final fue superior a la inicial, resultando, la mortalidad en términos porcentuales, negativa.

Con relación al timol, en el presente ensayo se obtuvo una efectividad de 84.68 por ciento, el cual se encuentra por encima de los valores encontrados por la mayoría de los investigadores en el tema. Así, Moyón (2013), registró una efectividad de 62.80 por ciento, Miranda (2002) determinó una efectividad de 75.88 por ciento y 56.33 por ciento con los productos comerciales APILIFEVAR® (timol) y APIGUARD® (timol), respectivamente, estimándose que la baja eficacia encontrada en el segundo producto la relaciona a la condición física de las colonias, condiciones climatológicas, diferencias en las condiciones de la colonia, la cantidad de cuerpos, las diferentes condiciones de manejo y la escasa distancia entre el producto y la entretapa que dificultó la volatilización del producto APIGUARD®. Así mismo, Guerra y Rosero (2013) encontraron un valor de 70.43 por ciento de efectividad de timol. Por otra parte, Demedio *et al.* (1998) encontraron para APILIFEVAR® una efectividad de 95.78 y 78.00 por ciento en colmenas de un cuerpo y de dos cuerpos, respectivamente, estimándose que el menor valor de efectividad registrado se debió al mayor espacio existente en colmenas de dos cuerpos en las cuales se dio una menor concentración de vapores.

4.1.2. EFECTIVIDAD DE LOS ACARICIDAS TOMANDO EN CONSIDERACIÓN EL NÚMERO DE VARROAS CAÍDAS POR TRATAMIENTO, Y EL NÚMERO TOTAL DE VARROAS CAÍDAS POR TRATAMIENTO DE SHOCK QUÍMICO.

El Cuadro 4 y las Figuras 28 y 29 presentan los resultados de número promedio de varroas caídas a los 45 días, número promedio de varroas caídas por efecto del shock químico, número promedio total de varroas caídas (a los 45 días+shock químico) y porcentaje de efectividad de los acaricidas ensayados.

Cuadro 4: Número de varroas caídas a los 45 días, número de varroas caídas por tratamiento del shock químico, número total de varroas caídas y efectividad relativa de los acaricidas.

Tratamientos	Número promedio de varroas caídas a los 45 días	Número promedio de varroas caídas por tratamiento de shock químico	Número promedio total de varroas caídas (a los 45 días+shock químico)	Efectividad relativa (%)
Cumafós	3842 ^a	72.80 ^c	3914.80	97.72 ^a
Timol	2304 ^{ba}	344.50 ^{cb}	2648.50	87.16 ^a
Ácido oxálico	1848 ^{ba}	809.00 ^{ba}	2657.00	68.12 ^b
Amitraz	1766 ^{ba}	1138.50 ^a	2904.50	58.12 ^b
Testigo	1278 ^b	879.80 ^a	2157.80	57.82 ^b

*Letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias significativas (Duncan, $p < 0.05$) y altamente significativas (Duncan, $p < 0.01$), respectivamente.

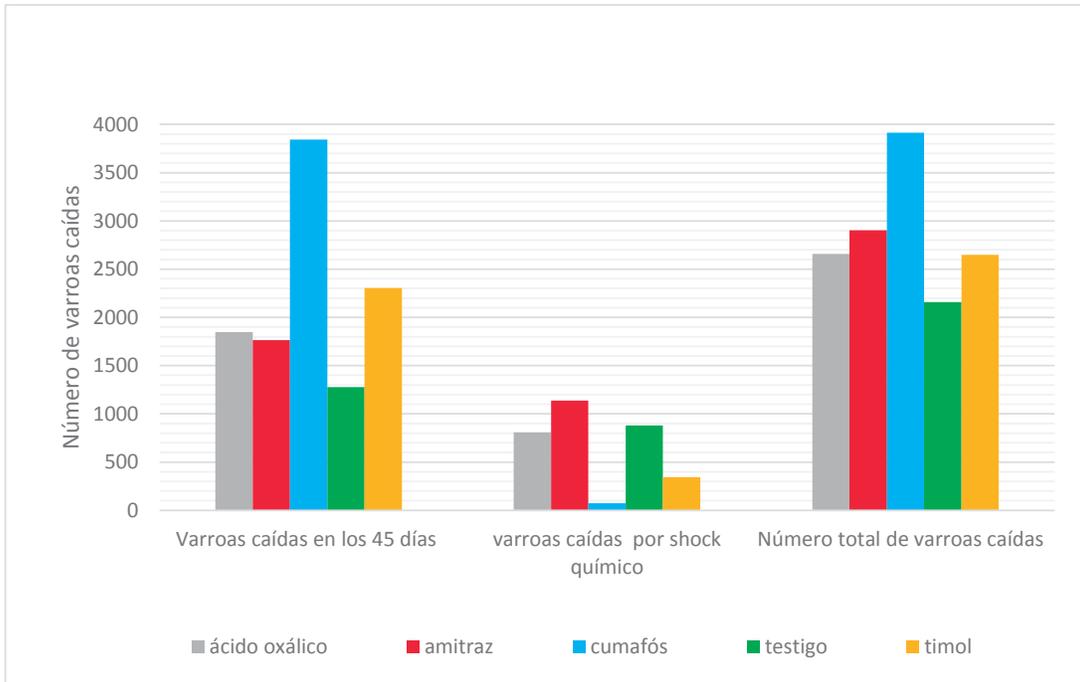


Figura 28: Número de varroas caídas durante los 45 días de duración del ensayo, número de varroas caídas por efecto del shock químico y número total de varroas caídas.

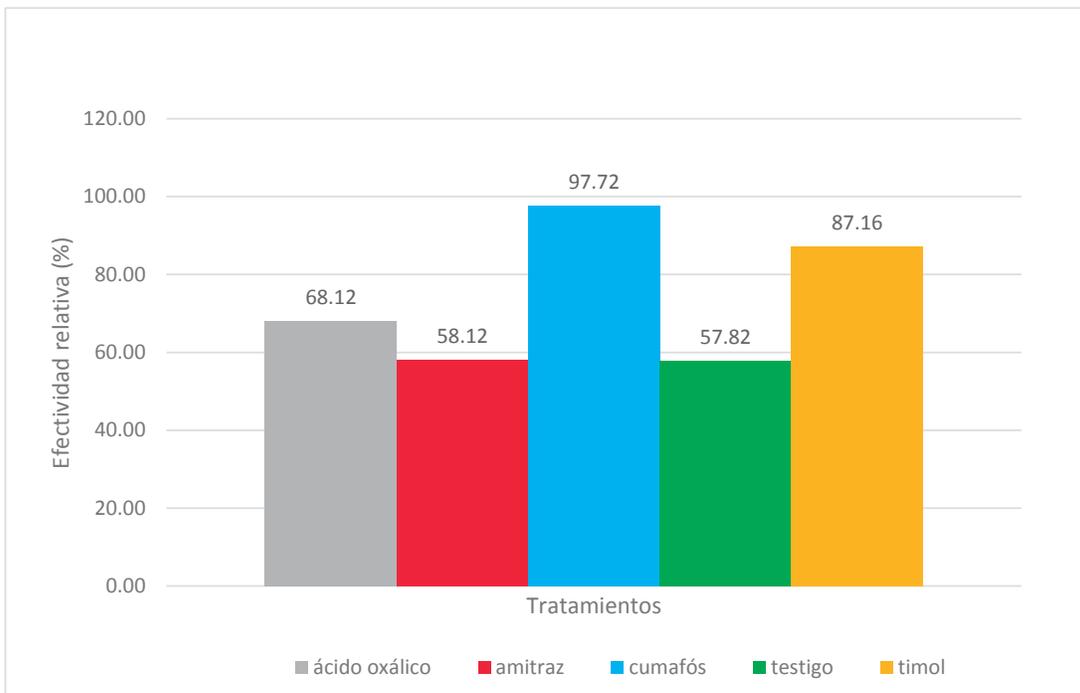


Figura 29: Porcentaje de efectividad de los acaricidas mediante la técnica de shock.

Con relación al número promedio de varroas caídas a los 45 días del ensayo, se encontró que el cumafós produjo el mayor número de varroas caídas con un total de 3842, mientras que el menor número de varroas caídas ocurrió con el amitraz el cual alcanzó un valor de 1766, aunque se encontraron diferencias significativas entre estos tratamientos. Los tratamientos timol y ácido oxálico con 2304 y 1848 varroas caídas, respectivamente, ocuparon una ubicación intermedia entre los tratamientos antes indicados, no mostrando diferencias significativas entre sí y tampoco con los tratamientos anteriormente referidos. Mención aparte merece el testigo que, con un registro de 1278 varroas caídas, no mostró diferencias significativas con todos los tratamientos excepto con cumafós.

Lo antes analizado, sugiere que, desde el punto de vista numérico, el cumafós es el producto que mayor caída de ácaros genera, seguido de timol, ácido oxálico, amitraz y el testigo con diferencias importantes entre ellos, sin embargo, desde el punto de vista estadístico, los diferentes tratamientos químicos generan caídas de varroa que no difieren estadísticamente entre ellos, aunque sí con el testigo. Estos resultados, indicarían que los diferentes productos ensayados ejercerían los mismos efectos en la caída del ácaro, aunque con notorias diferencias numéricas.

Respecto al número de varroas caídas por tratamiento de shock químico, se determinó que el mayor número de varroas caídas correspondió a amitraz con 1138.50, seguidos del testigo con 879.80 y ácido oxálico con 809.00 varroas caídas, no existiendo diferencias significativas entre ellos, aunque sí diferencias numéricas moderadas. Los menores valores de varroas caídas se registraron para los tratamientos cumafós y timol con 72.80 y 344.50, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos.

Considerando que las varroas caídas por tratamiento de shock químico, corresponden a las varroas que el producto en tratamiento no pudo matar, los tratamientos que generaron menor número de varroas caídas evidencian una mayor efectividad respecto a los tratamientos que generaron un mayor número de varroas caídas. En este sentido, cumafós con 72.80 varroas caídas evidenció una mayor efectividad acaricida, en tanto que amitraz con 1138.50 varroas caídas evidenció una menor efectividad en la mortalidad de varroa. En una condición intermedia se ubican los tratamientos timol y ácido oxálico con 344.50 y 809.00 varroas caídas, respectivamente.

En cuanto a la efectividad en términos de porcentajes de los tratamientos ensayados se ha determinado claramente que los tratamientos cumafós y timol fueron los más eficaces en la caída de varroa, habiéndose registrado una efectividad de 97.72 por ciento para cumafós y 87.16 por ciento para timol, sin diferencias significativas entre estos tratamientos, pero si con respecto a los demás. Por otro lado, los tratamientos amitraz y ácido oxálico, en ese orden, fueron los menos eficaces con porcentajes de efectividad de 58.12 y 68.12, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos, aunque si con los tratamientos cumafós y timol.

Sin considerar las diferencias estadísticas se puede sugerir que el cumafós fue el producto que evidenció mayor efectividad, resultando el amitraz como el tratamiento que evidenció la menor efectividad en la caída de varroa.

Contrastando resultados de efectividad, mediante la técnica de tratamiento de shock químico, del ácido oxálico obtenidos por otros autores respecto a lo encontrado en el presente experimento, cuyo valor de 68.12 por ciento, se puede mencionar que el producto indicado, en general, muestra una efectividad relativa de moderada a alta respecto a la caída de varroa, debido al parecer a la dinámica de desarrollo biológico de las abejas y la presencia o no de crías operculadas, la relación del ensayo con la estacionalidad, o también por las dosis diferenciadas ensayadas. Así, el producto en mención según Gregorc y Planinc (2012) y Vásquez *et al.* (2006), encontraron eficacias entre 36.87 y 52.28 por ciento, resultando ser valores inferiores a lo señalado en la investigación presente, lo cual es sustentado por los investigadores como un producto cuya acción básicamente ocurre sobre varroa forética y no sobre la varroa que se encuentra dentro de las crías operculadas. Sin embargo, Gregorc y Planinc, en el mismo trabajo, refieren haber encontrado eficacias superiores a las que se reportan en el presente estudio, en el orden de 97.00 y 99.44 por ciento, haciendo énfasis, que el ácido oxálico sólo es eficaz durante el período en que no hay cría operculada. En el mismo sentido Marcangeli y García (2004), encontraron una efectividad de 85,60 y 75,70 por ciento en colmenas con tres y seis cuadros cubiertos de cría en desarrollo. De manera similar, Smodis *et al.* (2010), encontraron una efectividad de 70.12 y 24.13 por ciento para 3 y 4 aplicaciones, respectivamente, en dos épocas diferentes. También, Marcangeli *et al.* (2003) encontraron una efectividad de 85.50 por ciento durante la primavera y 86,10 por ciento durante el otoño. Ibacache (2003), encontró una efectividad, muy similar a la de los anteriores autores, de 82.54 por ciento. En el mismo sentido, Akyol y Yeninar (2007) y Silva

(2006) obtuvieron altos porcentajes de eficacia ascendientes a 93,40 y sobre el 95.00 por ciento, respectivamente. Finalmente, Aguirre *et al.* (2005), obtuvieron eficacias muy variables entre 64.79 y 96.25 por ciento, lo cual posiblemente se debió a las diferentes dosis ensayadas de ácido oxálico.

Con relación al amitraz y efectividad, en el presente experimento el producto mostró una efectividad de 58.12 por ciento, el cual comparado con lo hallado por otros autores se presenta tanto por debajo o por sobre los valores de efectividad encontrados. Esta discrepancia en cuanto a resultados se estima obedece a la dinámica de desarrollo biológico de las abejas, la presencia o no de crías operculadas, por la relación del ensayo con la estacionalidad, por la resistencia del ácaro al producto y por la presentación del producto comercial. Así, Del Hoyo *et al.* (2008) y Calderón *et. al* (2011), con el producto comercial AMIVAR® (amitraz), alcanzaron una muy alta eficacia ascendiente a 98.37 y 97.00 por ciento, respectivamente debido al parecer por las mejores características de presentación del producto asociados a una mayor persistencia del dispositivo de liberación dentro de la colmena. Así mismo, Marcangeli *et al.* (2005), encontraron para el AMIVAR®, una efectividad de 85.10 por ciento en el control de varroa, utilizando una tira por colmena. Crespo *et al.* (2011), obtuvieron un valor de efectividad de 89.20 por ciento con AMIVAR®. Valores de efectividad superiores, con formas de aplicación similares a las del presente estudio, pero con diferente producto comercial, fueron encontrados por Floris *et al.* (2001), que obtuvieron valores de 83.80 por ciento.

Así mismo, Smodis *et al.* (2010), encontraron una efectividad de 93.82 por ciento al aplicar amitraz mediante fumigación. Contradictoriamente, Gregorc y Planinc (2012), encontraron una efectividad de 23.89 por ciento, aduciendo que la acción del amitraz es limitada durante los períodos de presencia de crías operculadas. Por su parte Leza *et al.* (2015), usaron el APIVAR® (amitraz), con el que encontraron una eficacia de 65.10 y 23.70 por ciento para primavera y otoño respectivamente, sugiriendo que la baja eficacia del producto tuvo probable relación con la resistencia de *Varroa destructor* al acaricida. De manera similar Elzen *et al.* (2000) obtuvieron una efectividad de 75.40 por ciento para el principio activo, cuyo valor estaría relacionado a la resistencia de los ácaros al producto.

En el presente experimento el producto cumafós mostró una efectividad de 97.72 por ciento, el cual comparado con lo hallado por otros autores, se puede indicar que el producto señalado

muestra una efectividad relativa alta respecto a la caída de varroa. Lo encontrado en el presente trabajo discrepa con los resultados de otros investigadores, lo cual podría obedecer a una serie de factores entre los que destacan la toxicidad específica del ingrediente activo, la susceptibilidad, tolerancia y/o resistencia del ácaro al producto; la formulación y la permanencia prolongada del producto en la colmena. En este marco, Toledo *et al.* (2006) y Crespo *et al.* (2011), registraron una efectividad de 99.00 y 99.50 por ciento, respectivamente, usando la misma marca comercial utilizada en el presente trabajo, lo cual corrobora la efectividad que los fabricantes de APILAB® aseguran. A esto se suma, como refuerzo del hecho, la efectividad de 97.00 por ciento que reportan, Elzen *et al.* (2000). Por otra parte, Pettis (2004), usando la marca comercial CHECK MITE (cumafós), obtuvo valores de eficacia entre 7.00 y 100.00 por ciento, que resultaron variables según la región donde se realizó el ensayo y que estaría relacionado a la aparición de ácaros resistentes a cumafós, en sólo tres años. De manera similar, Vásquez *et al.* (2006), registraron una eficacia de 16.08 por ciento, aspecto que, se cree, estuvo relacionado a la presencia de cría operculada durante el tratamiento.

Mediante la técnica de shock químico, las colmenas no sometidas a tratamientos, consideradas como testigo, mostraron una mortalidad de varroa de 57.82 por ciento, lo cual debe entenderse como una expresión importante de caída natural del ácaro, que obedecería a diversos mecanismos que las abejas emplean para librarse de la varroa, entre los cuales se puede destacar el “grooming”, el acicalamiento entre abejas y la asincronía biológica entre parásito y hospedero.

Son muy pocos los autores que ponen de manifiesto el evidente control natural de varroa en las colmenas. Entre estos se pueden citar a Vásquez *et al.* (2006), Espinosa y Guzmán (2007), Calderón *et al.* (2014), quienes encontraron valores de mortalidad en el testigo de 26.11, 21.90 y 10.00 por ciento, respectivamente.

Con relación al timol, en el presente experimento el producto mostró una efectividad de 87.16 por ciento, el cual, comparado con lo hallado por otros autores, se presenta ya sea por encima o por debajo de los valores de efectividad encontrados. Esta discrepancia en cuanto a resultados se estima obedece, entre otras razones, a la dinámica de desarrollo biológico de las abejas y la presencia o no de crías operculadas, a la relación del ensayo con la estacionalidad, por la presentación del producto para la aplicación y por la tolerancia o

susceptibilidad del acaro al producto. Así, Del Hoyo *et al.* (2004) usando el producto NATURALVAR® (timol) determinaron eficacias de 80.16 y 90.16 por ciento para una aplicación y dos aplicaciones, respectivamente; Bulacio *et al.* (2010) y Bulacio y Rivero (2011), registraron valores de efectividad entre 81.00 y 89.00 por ciento, respectivamente, con dos aplicaciones de NATURALVAR®; Espinoza y Guzmán (2007), por su lado, encontraron valores de efectividad de 92.10 y 88.80 por ciento para dos aplicaciones de 12.5 g y una aplicación de 25 g, respectivamente, en aplicaciones de timol en gel, habiéndose encontrado los mejores resultados en épocas del año con muy poca cría en las colmenas tratadas.

Cabe resaltar que, en la presente investigación, las colonias tenían una cantidad importante de crías, sin embargo la efectividad fue alta, lo cual concuerda con lo señalado por los investigadores previamente citados. Se suma a esto la eficacia hallada por May-Itzá *et al.* (2007) de 97.00 y 93.00 por ciento para tratamientos con una y dos bandejas de gel con timol, respectivamente. Por su parte, De Felipe y Vandame (1999) obtuvieron valores de efectividad de 87.60 por ciento, 57.70 por ciento y 82.00 por ciento con APILIFEVAR® (timol) aplicado en gel, algodón, y en polvo, respectivamente; en tanto que Schmidt *et al.* (2008) obtuvieron una eficacia de 90.52 por ciento. Otros autores como Eguaras *et al.* (2004) obtuvieron eficacias del 94.00 y 91.00 por ciento en una aplicación de 25 g y dos de 12.5 g en soportes de perlita expandida y vermiculita, respectivamente.

Es interesante indicar que sobre la efectividad de timol se ha investigado mucho, existiendo, por tanto, amplia información al respecto. En este contexto, Calderón *et al.* (2014), ensayando APIGUARD® (timol) registro una efectividad de 96.00 por ciento, por tanto los investigadores señalan que alta eficacia que encontraron, posiblemente fue favorecida por la presentación del producto en gel que permite una evaporación controlada del ingrediente activo y por óptimas condiciones de temperatura.

Por otro lado, Giacomelli *et al.* (2015), encontraron eficacias de 76.10 y 96.80 por ciento con APIGUARD®, en colmenas con y sin cría, lo que podría explicar la capacidad de timol para matar a los ácaros en las abejas adultas y su incapacidad para matarlos en la cría de obreras. Gregorc y Planinc (2012), usando los productos comerciales THYMOVAR® (timol) y APIGUARD® registraron eficacias desde 14.35 a 59.02 por ciento, resultando ser variables de acuerdo a las condiciones climáticas donde realizaron los experimentos, por lo

que concluyeron que los tratamientos orgánicos que experimentaron son de uso limitado durante los periodos con bastante cría. Leza *et al.* (2015) alcanzaron una efectividad de 76.90 y 35.80 por ciento usando el producto comercial APIGUARD® para primavera y otoño respectivamente, aduciendo que la baja eficacia de otoño probablemente se dio por las bajas temperaturas externas que dificultaban una volatilización óptima del producto.

Marinelli *et al.* (2001), señalaron que las condiciones de temperatura óptimas para que el timol funcione mejor están entre 15 °C y 35 °C, con una temperatura más alta la evaporación puede ser más rápida y aumentar los riesgos de dañar las colonias. Por el contrario una temperatura más baja podría reducir la eficacia. Por tanto en el presente ensayo la temperatura estuvo en el rango entre 16 °C y 23 °C (Anexo 1), lo que pudo influir en la alta efectividad que presentó el producto, y no se registró enjambrazón, mortalidad de cría, ni mortalidad de abejas adultas.

4.2. CAÍDA ACUMULATIVA DE VARROA, SEGÚN PERÍODOS DE TIEMPO A LA EVALUACIÓN.

El Cuadro 5 y la Figura 30, presentan de manera consolidada la caída acumulativa de varroa contada desde las 24 horas y hasta los 45 días de evaluación. Por su parte, las Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37 muestran el número de varroas caídas en términos acumulativos, según tratamientos y periodos de tiempo a la evaluación.

Cuadro 5: Número de varroas caídas en términos acumulativos según tratamientos y periodos de tiempo a la evaluación.

Tratamientos	Varroas caídas según periodos de tiempo a la evaluación						
	A las 24 horas	A las 48 horas	A las 72 horas	A los 7 días	A los 15 días	A los 30 días	A los 45 días
Cumafós	597 ^a	997 ^a	1553 ^a	2352 ^a	2907 ^a	3529 ^a	3842 ^a
Timol	53 ^b	253 ^b	642 ^{ab}	1086 ^{ab}	1514 ^{ab}	2101 ^{ab}	2304 ^{ab}
Ácido oxálico	30 ^b	94 ^b	203 ^b	399 ^b	728 ^b	1403 ^{ab}	1848 ^{ab}
Amitraz	74 ^b	141 ^b	230 ^b	470 ^b	783 ^b	1398 ^b	1766 ^{ab}
Testigo	26 ^b	93 ^b	199 ^b	406 ^b	592 ^b	978 ^b	1278 ^b

*Letras diferentes dentro de la misma columna indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$)

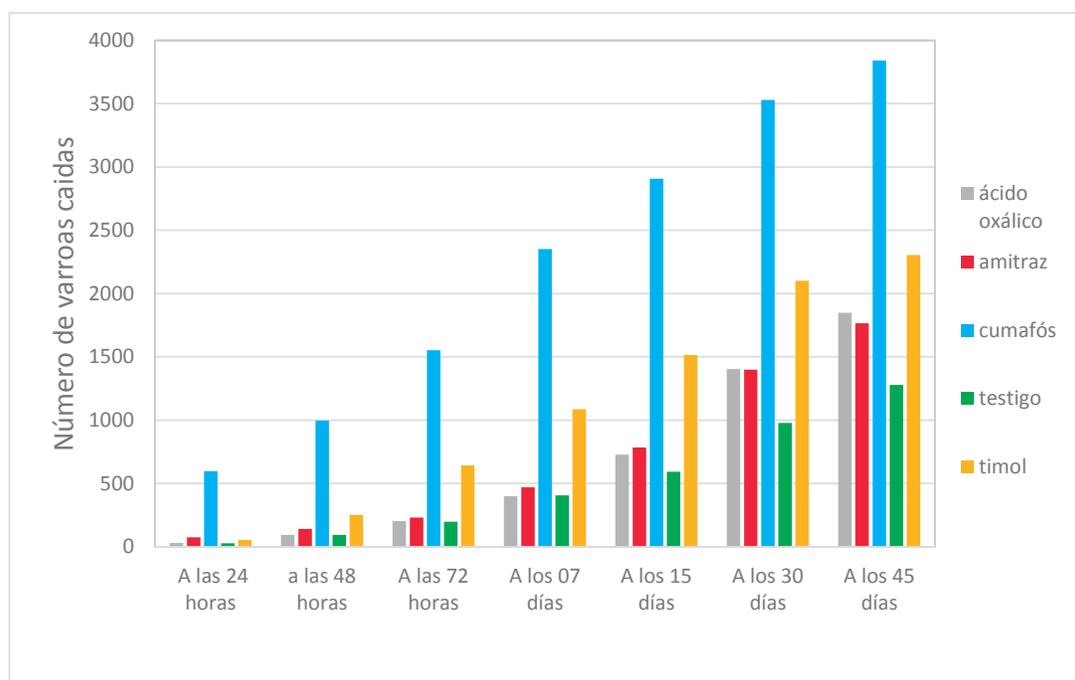


Figura 30: Consolidado del número de varroas caídas, según tratamientos acaricidas, desde las 24 horas y hasta los 45 días de evaluación.

En términos generales se puede apreciar que los valores de caídas de varroa se incrementan de modo sostenido aunque variable según tratamientos, a lo largo del periodo sujeto a evaluación. Entre los productos sometidos a ensayo destaca el cumafós por tener los más altos niveles de caída acumulativa de varroa para cada uno de los momentos de evaluación,

seguido en orden de mérito y muy cerca por el timol, mientras que los productos amitraz y ácido oxálico registraron los menores valores de varroas caídas a lo largo del periodo sujeto a evaluación.

Un análisis comparativo entre cumafós y timol respecto al número de varroas caídas por periodo de tiempo a la evaluación y a lo largo de 45 días de observaciones, se hace muy notoria la diferencia numérica, encontrándose que el primer producto resultó numéricamente superior entre 1.5 y 10 veces, inclinándose las mayores diferencias en las evaluaciones correspondientes a las 24, 48 y 72 horas, y siendo más estrechas las diferencias en las evaluaciones a los 7 días y hasta el día 45.

Por otra parte, la comparación de los resultados respecto a varroas caídas entre amitraz y ácido oxálico demuestran que amitraz alcanzó valores entre 1.5 y 2.0 veces más que ácido oxálico, en las evaluaciones a las 24 y 48 horas, en tanto que a partir de las 72 horas y hasta los 45 días a la evaluación, los valores numéricos entre estos dos ingredientes activos se presentaron muy cercanos entre sí con diferencias numéricas escasas.

Dentro de esta situación el testigo sin tratamiento químico exhibió los menores valores de varroas caídas a lo largo del periodo de evaluación, pero relativamente cerca del amitraz, sobre todo a partir de los 15 días y hasta los 45 días.

Analizando los resultados según tratamientos y dentro de cada momento de evaluación, puede apreciarse que a las 24 horas (Cuadro 5 y Figura 31) el tratamiento cumafós, con 597 varroas caídas, se constituyó en el tratamiento que generó el mayor número de varroas caídas respecto a los demás tratamientos incluido el testigo, y con diferencias significativas en relación a los demás. El testigo con 26 varroas caídas fue el tratamiento que produjo el menor número de varroas caídas, aunque sin diferencias significativas respecto a todos los demás, excepto el cumafós.

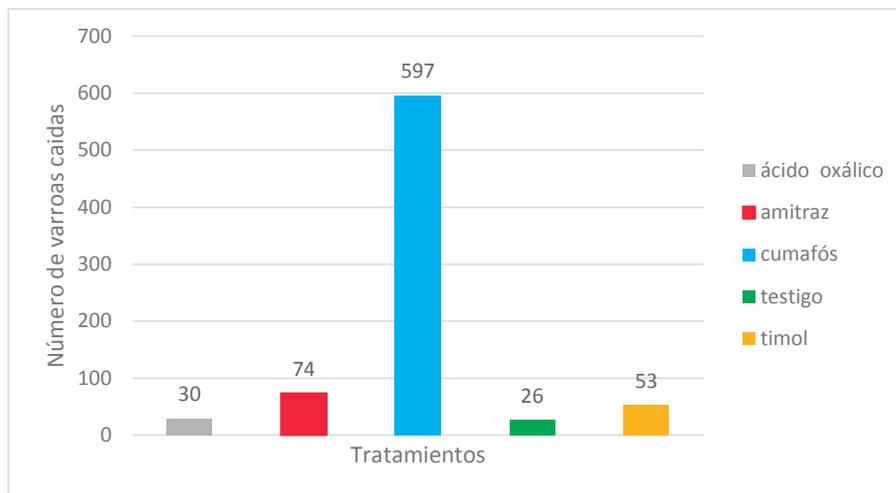


Figura 31: Número de varroas caídas por efecto de los acaricidas a las 24 horas de evaluación.

A las 48 horas (Cuadro 5 y Figura 32) el cumafós mantiene la tendencia observada a las 24 horas con 997 varroas caídas y estadísticamente diferente con relación a los demás tratamientos, aunque seguido discretamente por el timol con 253 varroas caídas. En esta ocasión, el amitraz y el ácido oxálico también mantienen su tendencia. Nuevamente el testigo tuvo el menor valor numérico de varroas caídas, aunque sin diferencias significativas con todos los demás tratamientos, excepto con cumafós.

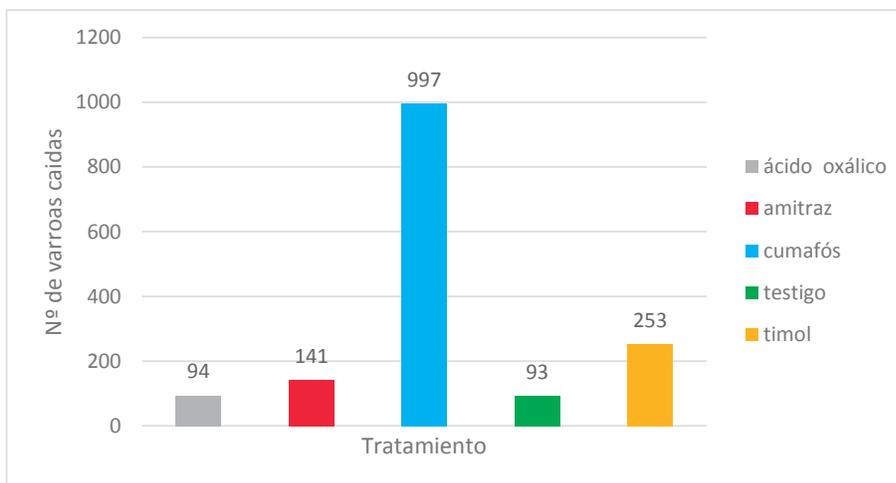


Figura 32: Número acumulado de varroas caídas por efecto de los acaricidas a las 48 horas de evaluación.

A las 72 horas (Cuadro 5 y Figura 33), la tendencia respecto al número de varroas caídas acumuladas según tratamientos, es similar a lo encontrado a las 48 horas, presentándose como una cuestión distinta el efecto del timol en la caída acumulada de varroas, el cual con 642 varroas caídas acumuladas se aleja numéricamente de los demás tratamientos y el testigo, aunque no del cumafós con el cual, además, no muestra diferencias significativas. Esto sugiere que a las 72 horas el cumafós y el timol se perfilan como los mejores tratamientos en la caída acumulada de varroa.

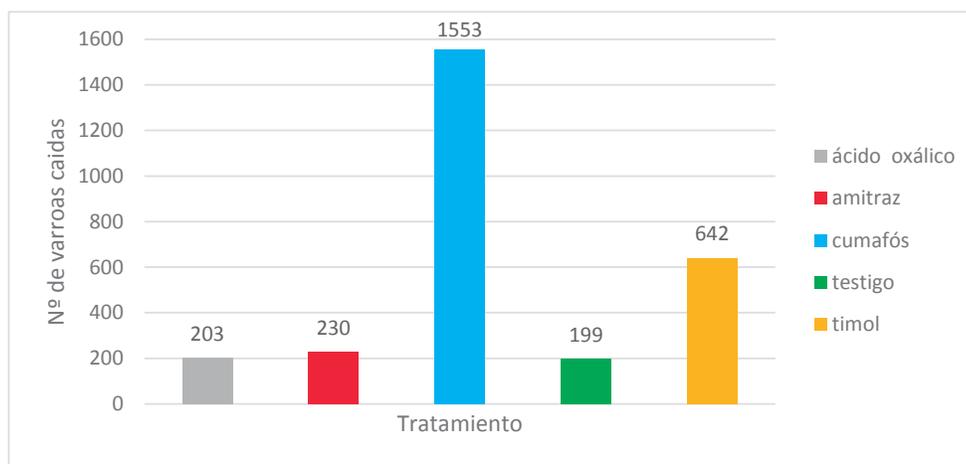


Figura 33: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a las 72 horas de evaluación.

Los conteos acumulativos de varroas caídas a los 7 y 15 días (Cuadro 5, Figuras 34 y 35) presentan una tendencia similar a lo indicado a las 72 horas. Así, el cumafós y el timol con 2352 y 1086 varroas caídas aparecen como los de mejor impacto, en tanto ácido oxálico y amitraz, junto con el testigo, muestran valores escasos que no superan el medio millar de individuos caídos a los 7 días, mientras que a los 15 días ácido oxálico y amitraz tienen valores que superan los 700 individuos caídos, dejando un tanto atrás al testigo con 592 varroas caídas.

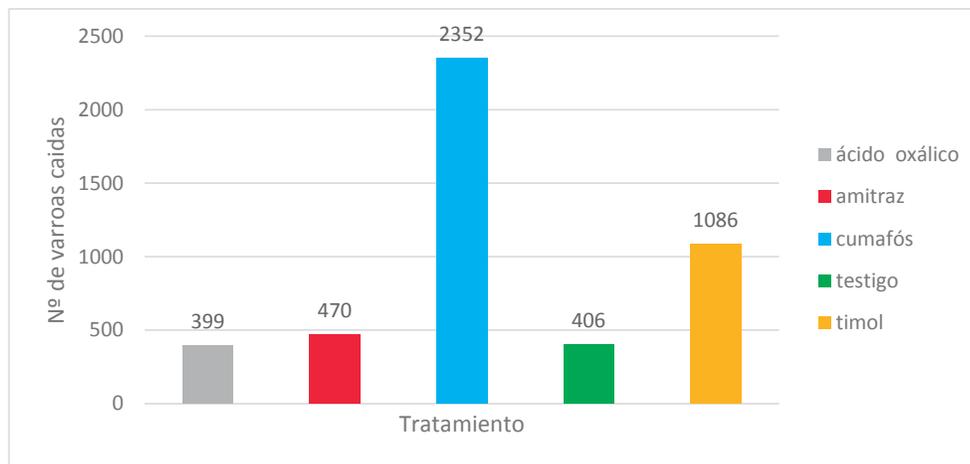


Figura 34: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 7 días de evaluación.

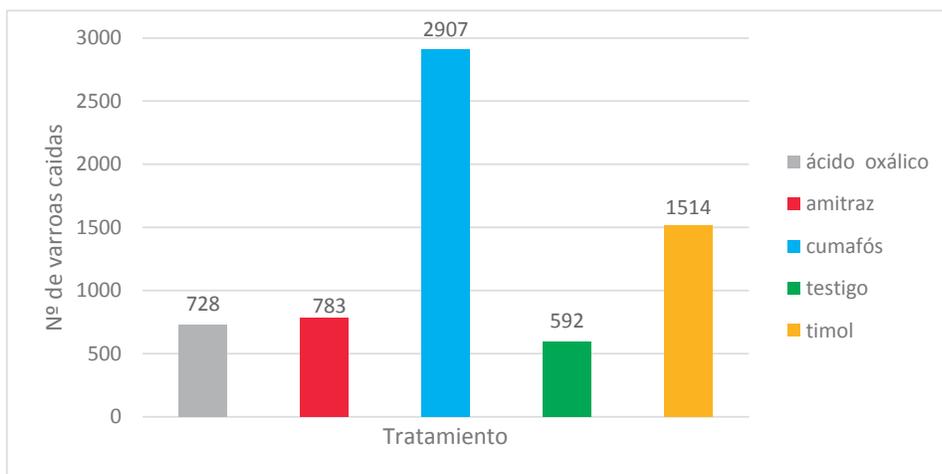


Figura 35: Número acumulativo de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 15 días de evaluación.

Es interesante referir que la caída acumulativa de varroa a los 30 y 45 días (Cuadro 5, Figuras 36 y 37) sigue un patrón parecido a lo ya referido para los conteos a los 7 y 15 días, aunque con algunas particularidades. En este sentido, a los 30 días el ácido oxálico con 1403 varroas caídas se acerca en su efecto a lo que acontece con timol y cumafós. Por su parte, a los 45 días el ácido oxálico y el amitraz, con 1848 y 1766 varroas caídas, procuran aproximarse en impacto al timol y al cumafós cuyos valores registrados fueron de 2304 y 3842 varroas caídas.

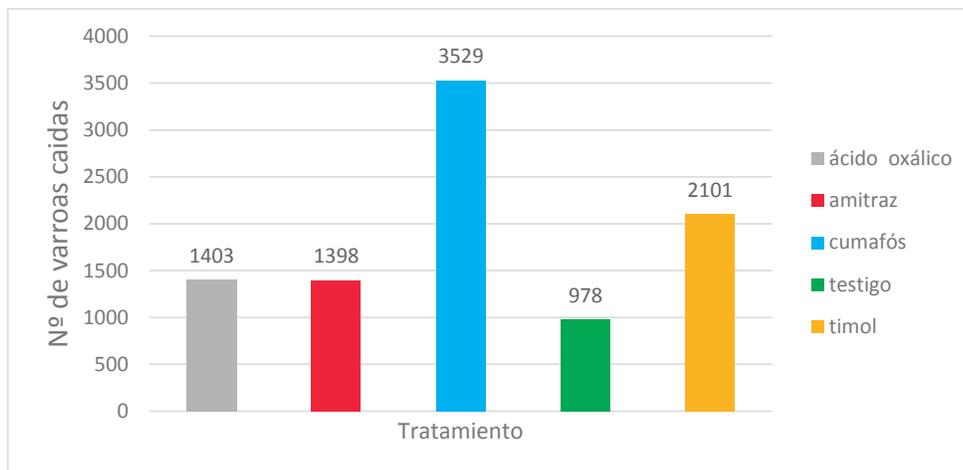


Figura 36: Número acumulado de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 30 días de evaluación.

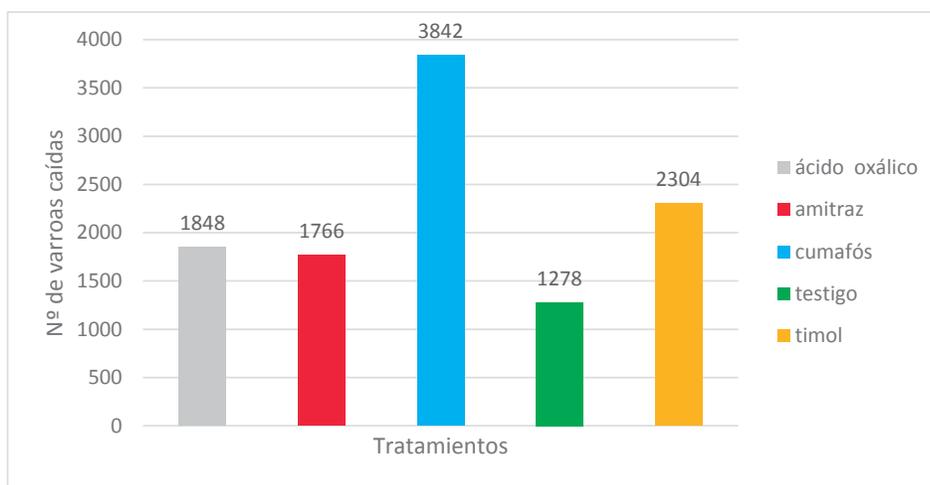


Figura 37: Número acumulado de varroas caídas por efecto de los acaricidas a los 45 días de evaluación.

De manera consolidada, los resultados registrados en el Cuadro 5 sugieren que el cumafós y el timol exhiben los mayores efectos en número de varroas caídas, lo cual estaría vinculado a un mayor impacto en la sobrevivencia de la varroa. Debe tomarse en consideración el desempeño de ácido oxálico y el amitraz, sobre todo hacia finales del ensayo, en las acciones de derribe del ácaro.

Considerando que la caída de varroa a las 72 horas constituye un efecto inmediato a corto plazo de un tratamiento acaricida, los resultados encontrados en el presente trabajo permiten afirmar que el cumafós resultó ser el producto que produjo la mayor cantidad o número acumulado de varroas caídas con valor de 1533. En este sentido, los registros a los 15 días, que representarían efectos a mediano plazo de los tratamientos acaricidas, indican que el cumafós se mantiene como el mejor tratamiento con 2907 varroas caídas. Y a largo plazo, a los 45 días, también el cumafós tiene mejor performance con 3842 varroas caídas. Bajo este mismo criterio, a las 72 horas, a los 15 y 45 días el producto timol secundo en cuanto a número de varroas caídas al cumafós con 642, 1514 y 2304, respectivamente.

La literatura especializada en varroa, y en particular la relacionada al efecto de acaricidas en términos de caída acumulativa de varroa a lo largo del periodo de acción del producto, no presenta reportes sobre el particular, lo cual sugiere que los investigadores en el tema no le brindan la importancia que merece el asunto; sin embargo, en la presente investigación materia de la tesis si se ha tomado en consideración en razón que permite notar con claridad como la caída de varroa se va acumulando periodo tras periodo de tiempo, permitiendo a la vez determinar hacia el final de las evaluaciones que producto generó la mayor o menor cantidad de varroas caídas, lo que finalmente expresa la mayor o menor efectividad relativa de cada uno de los productos químicos ensayados. Según Silva (2006), el análisis de caída de varroas no sería un parámetro muy exacto para medir la efectividad de un tratamiento varroicida, salvo que las colmenas bajo ensayo presenten la misma cantidad de varroa; sin embargo, puede ser útil para cuantificar el efecto acaricida de un producto, aunque la caída de ácaros resulta sobrestimada por la caída natural de ellos, y que Webster *et al.* (2000), citados por Silva (2006), lo cuantifican en un 44 por ciento.

4.3. DINÁMICA DE LA CAÍDA DE VARROA.

El Cuadro 6 y la Figura 38, presentan de manera conjunta el número de varroas caídas y las líneas de dinámica poblacional, respectivamente, en los días que se indican, según tratamientos, contados a partir del día 1 y hasta el día 45 después de la aplicación de los tratamientos; del día 49 al 53 se contaron varroas caídas mediante la técnica del shock químico.

Cuadro 6: Registro de varroas caídas según días que se indican, después de los tratamientos.

Producto	Días									
	1	3	6	13	21	29	37	45	49*	53*
Ác. oxálico	30	64	109	378	311	374	302	281	700	109
Amitraz	74	68	88	398	321	313	279	226	1010	128.5
Cumafós	597	400	567	1173	394	298	221	203	60	12.8
Testigo	26	67	106	297	209	221	150	203	750	129.8
Timol	53	199	389	696	373	289	193	112	220	124.5

* = Registros de varroas caídas mediante la técnica del shock químico.

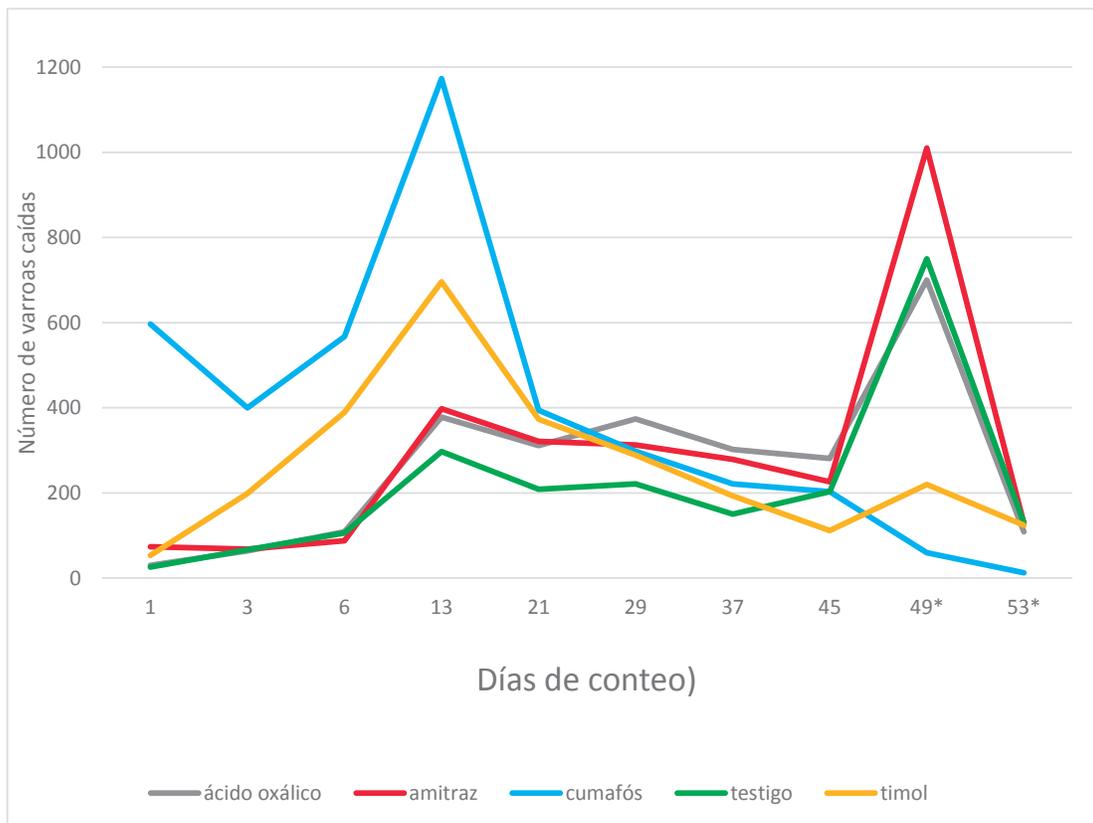


Figura 38: Dinámica de la caída de varroa de todos los tratamientos, según días que se indican.

En general el Cuadro 6 y la Figura 38 muestran la variación en cuanto a número de varroas caídas por efecto de los productos acaricidas ensayados a lo largo de las evaluaciones, observándose que hasta el día 13, fecha en que se realizó la cuarta evaluación, el número de varroas caídas varió siguiendo una tendencia de incremento moderado a importante. Así, hasta la evaluación en el día 6, los incrementos no fueron numéricamente muy altos, en tanto que, los valores registrados al día 13 muestran incrementos numéricos saltantes. Sin embargo, a la evaluación siguiente, vale decir a la correspondiente del día 21, los valores registrados fueron notoriamente menores a los de la evaluación precedente, persistiendo esta tendencia al día 29 de evaluación, excepto para ácido oxálico y el testigo. Lo último referido contrasta con lo acontecido en la evaluación correspondiente al día 37 en la que ocurren disminuciones poblacionales ligeramente menores al registro previo, manteniéndose esta tendencia para los tratamientos al día 45 excepto para el testigo.

El número de varroas caídas registradas en los días 49 y 53 después de la aplicación de los tratamientos representan las varroas remanentes en las colmenas que cayeron mediante el tratamiento del shock químico. Para cada momento de evaluación y de acuerdo a los tratamientos, se tiene registros variables que se alejan fuertemente de aquella tendencia existente para los momentos de evaluación previos a la aplicación del referido shock químico. En este sentido la evaluación que corresponde al día 49 después de aplicados los tratamientos indican que los valores registrados resultaron notoriamente superiores a los precedentes, según tratamientos, excepto en lo correspondiente al tratamiento cumafós, lo cual, en términos de capacidad de los tratamientos para lograr la caída de varroa, significa que el producto cumafós fue el único que no permitió una tasa importante de sobrevivencia de varroa en las colmenas; una situación un tanto parecida ocurrió con el timol. Al día 53 de la toma de registros relativos a la caída de varroa, los valores son evidentemente más bajos que al día 49, aunque marcando la misma tendencia.

A continuación, en las figuras 39 a 43 se presentan las líneas de dinámica poblacional para cada uno de los acaricidas ensayados. Estas figuras permiten analizar, de manera individual, cada uno de los productos ensayados en relación con las poblaciones de varroas caídas desde el primer día de conteo y hasta el día 45, existiendo entre conteos un periodo de tres días, al inicio, y de alrededor de 8 días, posteriormente; los conteos correspondientes a los días 49 y 53, que también se incluyen en el análisis, son el resultado del efecto del shock químico.

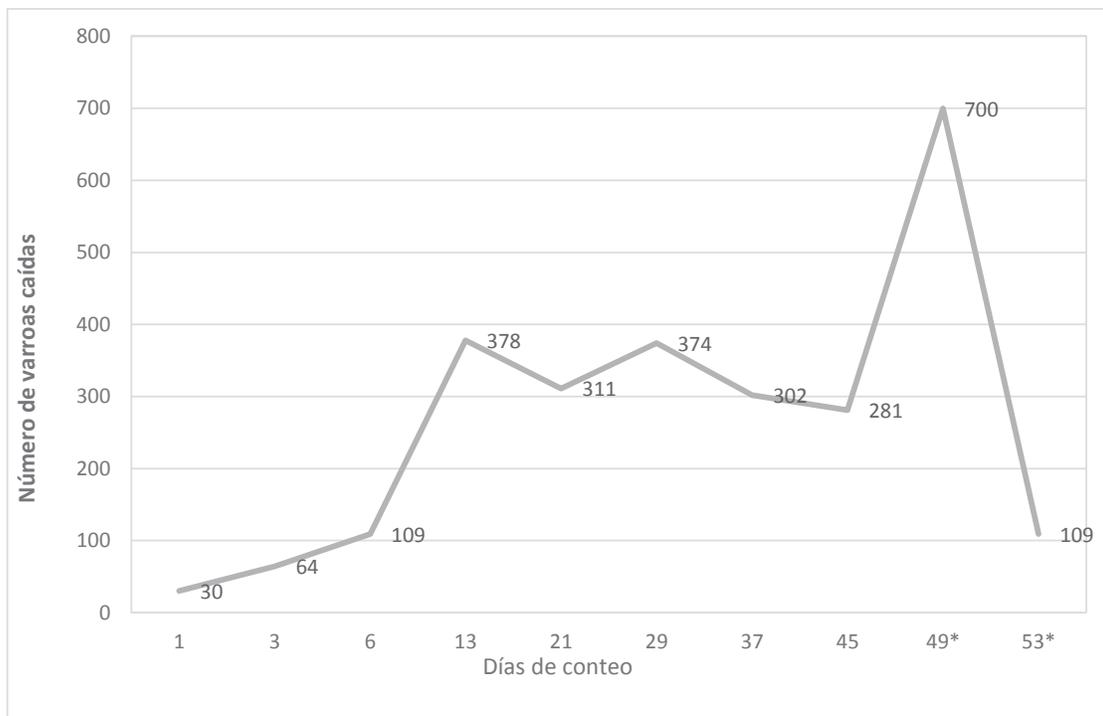


Figura 39. Dinámica de caída de varroa con ácido oxálico, según los días que se indican.

La Figura 39 presenta, a manera de una línea, la dinámica de la caída de varroas a lo largo de todo el periodo de ensayo para el producto ácido oxálico. Claramente se puede apreciar que los niveles de varroas caídas siguen una tendencia de incremento moderado, para luego mantenerse en un nivel poblacional más alto y relativamente constante en las evaluaciones de la parte media y final del ensayo, antes de los registros de varroas caídas por efecto del tratamiento de shock. En este sentido, los valores en las tres primeras evaluaciones son relativamente bajos que van de 30 hasta 109 ácaros caídos, pero el registro en la cuarta evaluación alcanza un valor de 378 varroas caídas, registro relativamente alto, que se mantiene así en las cuatro últimas evaluaciones previas al shock con registros de 311, 374, 302 y 281 ácaros caídos; las evaluaciones a los días 49 y 53 presentan de manera conjunta un importante número de varroas caídas que alcanza las 809 por efecto del tratamiento de shock, lo cual evidencia una población de ácaros remanentes que no fueron afectadas por el ácido oxálico, poniendo así de manifiesto el moderado efecto del ácido oxálico en el control de varroa. Estos resultados nos sugieren que el ácido oxálico mostró un efecto adverso contra la varroa, pero de una manera moderada a lo largo del ensayo, ya que las caídas de varroa que generó, siempre estuvieron por debajo de las 400 varroas, habiendo dejado a la vez una importante población de ácaros vivos o remanentes en la colmena.

En la presente investigación el ácido oxálico presentó la más alta mortalidad de ácaros al día 13 de aplicado el producto, matando solo en esa fecha el 14.22 por ciento (378 ácaros) del total de ácaros presentes, presentando una tendencia similar a lo reportado por Vásquez *et al.* (2006), cuyo valor más alto de mortalidad ocurrió al día 11 de aplicado el producto, en tanto que Marcangeli *et al.* (2003) encontraron la más alta mortalidad de ácaros a los 7 días de aplicado el producto, sin embargo Vera *et al.* (2009), encontraron que el mayor efecto se produjo a las primeras 24 horas de la aplicación. Lo antes referido nos indica que el ácido oxálico tiene un efecto moderado sobre la varroa, haciéndose evidente su impacto en las dos primeras semanas de iniciado el tratamiento.

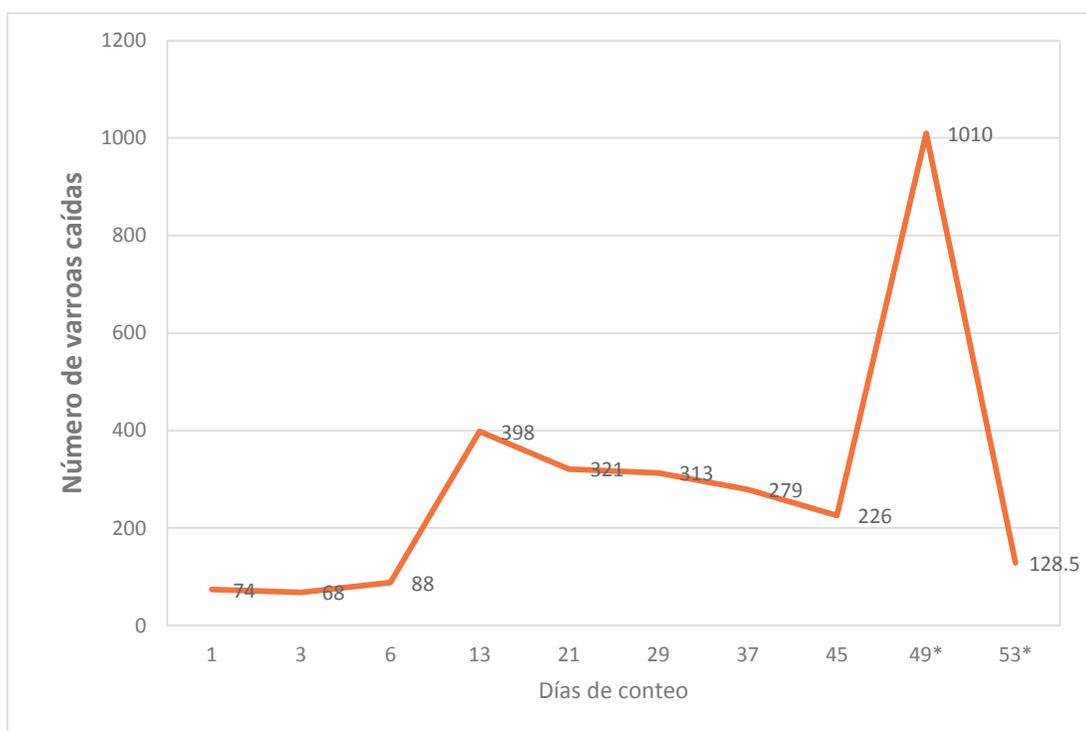


Figura 40. Dinámica de caída de varroa con amitraz, según los días que se indican.

La Figura 40 presenta, a manera de una línea, la dinámica de la caída de varroas a lo largo de todo el periodo de ensayo para el producto amitraz. Se puede apreciar que los niveles de varroas caídas siguen una tendencia de incremento moderado, para luego experimentar una disminución de manera progresiva en las evaluaciones de la parte media y final del ensayo, antes de los registros de varroas caídas por efecto del tratamiento de shock. Los valores en las tres primeras evaluaciones son relativamente bajos que van de 74 hasta 88 ácaros caídos,

pero el registro en la cuarta evaluación alcanza un valor de 398 varroas caídas, registro relativamente alto, el cual experimenta una progresiva disminución en las 4 últimas evaluaciones previas al shock con registros de 321, 313, 279 y 226 ácaros caídos; las evaluaciones a los días 49 y 53 presentan de manera conjunta un elevado número de varroas caídas que alcanza las 1138.50 por efecto del tratamiento de shock, lo cual evidencia una alta población de ácaros remanentes que no fueron afectadas por el amitraz, poniendo así de manifiesto el poco efecto del amitraz en el control de varroa.

Estos resultados nos sugieren que el amitraz mostró un efecto negativo sobre la varroa, pero de una manera ligera a lo largo del ensayo, ya que las caídas de varroa que generó, siempre estuvieron por debajo de las 400, habiendo dejado a la vez una alta población de ácaros vivos o remanentes en la colmena.

En la presente investigación el producto amitraz presentó la más alta caída de ácaros al día 13 de aplicado el producto, generando solo en ese momento el 13.69 por ciento (398 ácaros) de ácaros caídos; sin embargo la tendencia del producto es diferente a lo encontrado por Crespo *et al.* (2011), quienes encontraron que la caída de varroa con el mencionado producto fue de 70 por ciento a los 14 días de iniciado el ensayo. Por su parte, Del Hoyo *et al.* (2008) encontraron que la mayor cantidad de ácaros (>50%) se recolectan en los pisos tras las primeras 48 horas de tratamiento. Por su parte Floris *et al.* (2001) y Calderón *et al.* (2011) determinaron que la caída más alta de ácaros ocurrió en la semana uno de aplicado el tratamiento. Marinelli *et al.* (2002), citados por Crespo *et al.* (2011), obtuvieron una caída de varroa de 34 por ciento a la primera semana de tratamiento con APIVAR® (amitraz).

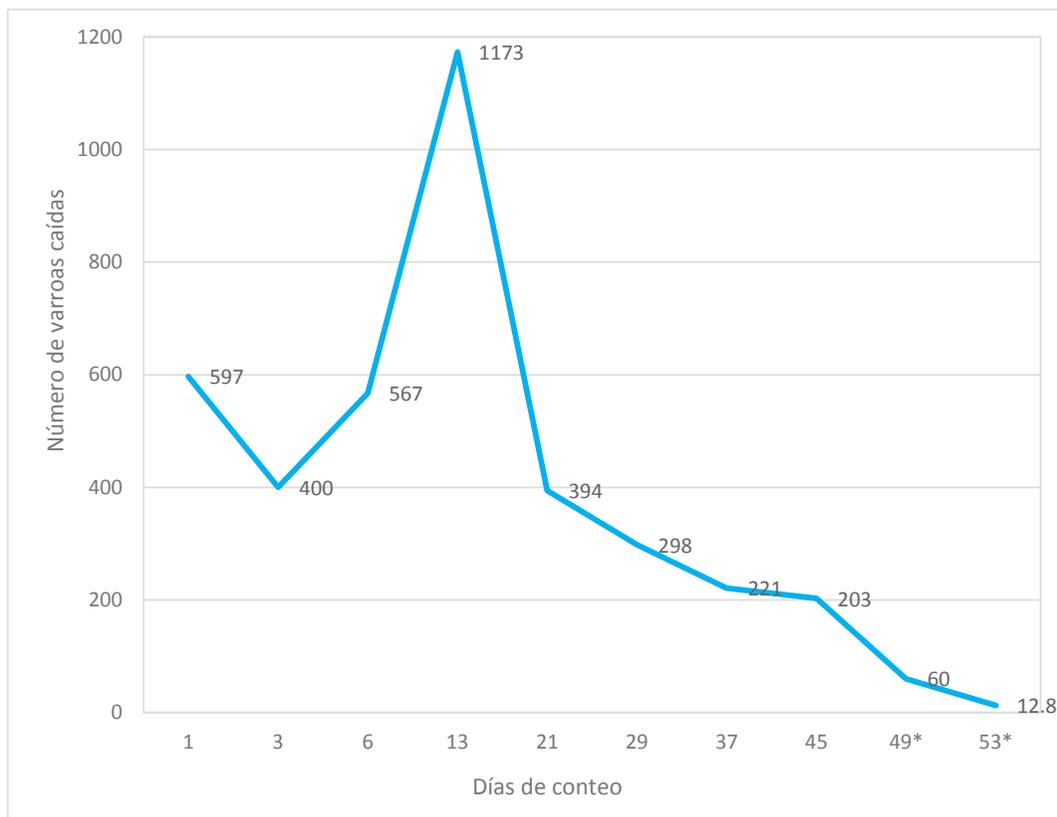


Figura 41. Dinámica de caída de varroa con cumafós, según los días que se indican.

La Figura 41 presenta, a manera de una línea, la dinámica de la caída de varroas a lo largo de todo el periodo de ensayo para el producto cumafós. Claramente se puede apreciar que los niveles de varroas caídas son altos, siguiendo una tendencia de incremento alto, para luego mantenerse en un nivel poblacional muy alto, que rápidamente experimenta una disminución progresiva y relativamente constante en las evaluaciones de la parte media y final del ensayo, aun en lo correspondiente al denominado efecto de shock. En este sentido, los valores en las tres primeras evaluaciones son relativamente altos que van de 400 hasta 597 ácaros caídos; sin embargo, el registro en la cuarta evaluación alcanza un valor de 1173 varroas caídas. Evaluaciones posteriores exhiben registros numéricamente menores con disminuciones progresivas en las 4 últimas evaluaciones previas al shock, con registros de 394, 298, 221, 203 ácaros caídos; las evaluaciones a los días 49 y 53 presentan de manera conjunta un escaso número de varroas caídas que alcanza las 72.80 por efecto del tratamiento de shock, lo cual evidencia una escasa población de ácaros remanentes que no fueron afectadas por el cumafós, poniendo así de manifiesto el importante efecto del cumafós en el control de varroa

Estos resultados sugieren que el cumafós mostró un efecto negativo muy importante sobre la varroa, a lo largo del ensayo, ya que las caídas de varroa que generó, siempre estuvieron por encima de las 400, en la parte inicial y media del ensayo, y con efectos no menos importantes hacia el final del ensayo, sobre todo por el hecho de haber dejado una escasa población de ácaros vivos o remanentes en la colmena.

En la presente investigación el cumafós presentó la más alta mortalidad de ácaros al día 13 de aplicado el producto, matando solo en esa fecha el 29.87 por ciento (1173 ácaros) del total de ácaros presentes, presentando una tendencia similar a lo encontrado por Crespo *et al.* (2011), quienes encontraron que la caída mas alta de varroa por efecto de CUMAVAR® (cumafós) sucedió a los 14 días de iniciado el ensayo, mientras que Vásquez *et al.* (2006), registraron la mayor mortalidad a los 6 días de aplicado el producto.

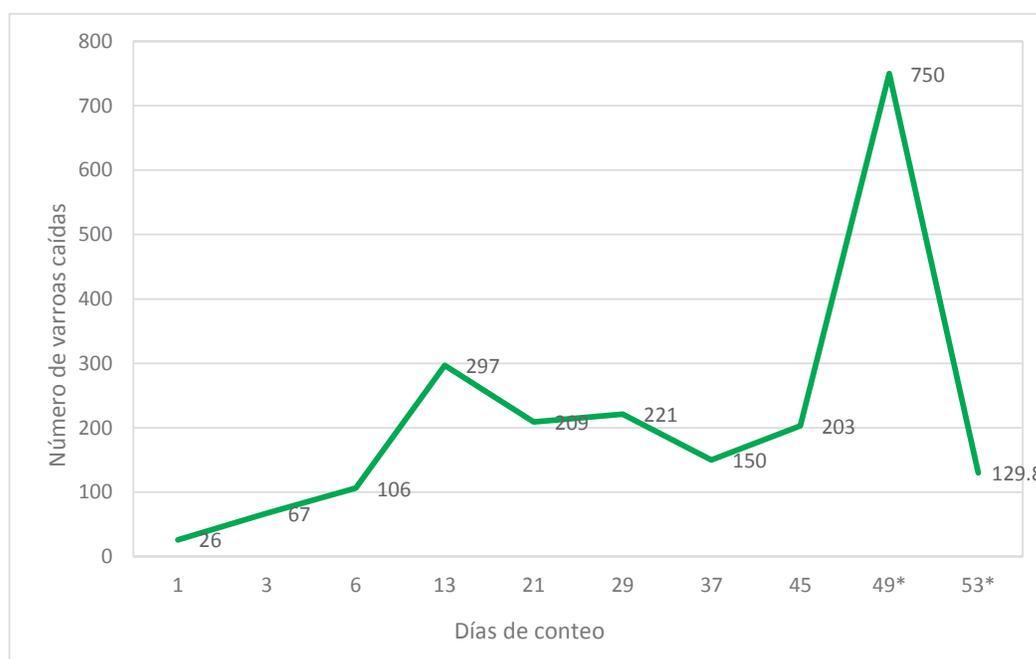


Figura 42. Dinámica de caída de varroa con el testigo, según los días que se indican.

La Figura 42 presenta, a manera de una línea, la dinámica de la caída de varroa a lo largo de todo el periodo de ensayo para el testigo. Se puede apreciar que los niveles de varroa caídas siguen una tendencia de incremento moderado, para luego experimentar una disminución variable, en las evaluaciones de la parte media y final del ensayo, antes de los registros de varroas caídas por efecto del tratamiento de shock. Los valores en las tres primeras

evaluaciones son relativamente bajos que van de 26 hasta 106 ácaros caídos, pero el registro en la cuarta evaluación alcanza un valor de 297 varroas caídas, registro relativamente moderado, el cual experimenta una disminución variable en las cuatro últimas evaluaciones previas al shock con registros de 209, 221, 150 y 203 ácaros caídos; las evaluaciones a los días 49 y 53 presentan de manera conjunta un elevado número de varroas caídas que alcanza las 879.80 por efecto del tratamiento de shock, lo cual evidencia una alta población de ácaros presentes en las colmenas testigo que al no ser tratadas con ningún acaricida permitieron el incremento en la población de varroas.

Estos resultados sugieren que en las colmenas sin tratamiento químico para el control de varroa, existen mecanismos naturales de control de varroa por parte de las abejas dentro de lo que se podría mencionar el grooming y el acicalamiento entre abejas, además de lo referente a la mortalidad respecto a la longevidad de las varroas. El alto número de varroas caídas por efecto del tratamiento de shock, pone de manifiesto la importante densidad poblacional de ácaros que puede haber de manera natural en una colmena.

En la presente investigación, el testigo (sin tratamiento) presentó la más alta caída de ácaros al día 13 de iniciado el experimento, con un 13.75 por ciento (297 ácaros) del total de ácaros, presentando una tendencia diferente a lo encontrado por Calderón *et al.* (2014), quienes determinaron que la más alta tasa de caída natural de varroa en las colmenas testigo se registró al día 22.

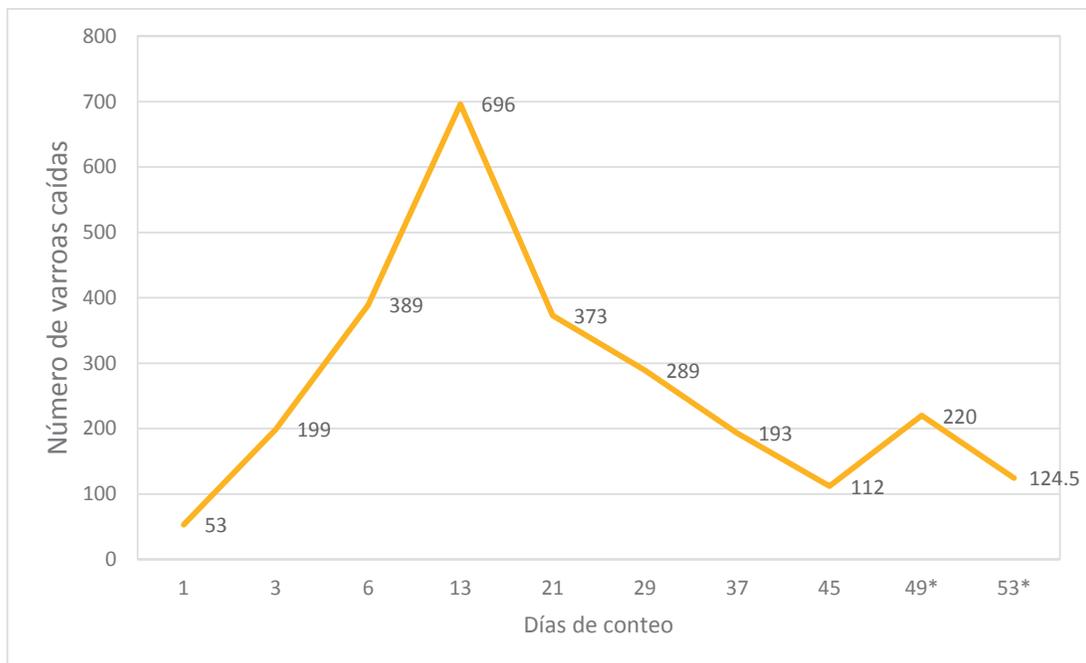


Figura 43. Dinámica de caída de varroa con timol, según los días que se indican.

La Figura 43 presenta, a manera de una línea, la dinámica de la caída de varroa a lo largo de todo el periodo de ensayo para el producto timol. Claramente se puede apreciar que los niveles de varroas caídas, al inicio son bajos, pero después los valores numéricos experimentan incrementos progresivos e importantes hasta alcanzar niveles altos de caída de varroas, para después mostrar disminuciones progresivas e importantes, quedando como remanente una escasa población puesta en evidencia mediante el tratamiento de shock químico. En este sentido, al inicio de las evaluaciones se registró un bajo número de varroas caídas que fue de 53, sin embargo, en las siguientes evaluaciones, se tuvo registros en mayor número, los cuales estuvieron en el orden de 199, 389 y 696 varroas caídas, aunque posteriormente se verificó caídas en menores valores numéricos los cuales alcanzaron 373, 289, 193 y 112 ácaros caídos. Las evaluaciones a los días 49 y 53 presentan de manera conjunta un número moderadamente importante de varroas caídas que alcanza las 344.50 por efecto del tratamiento de shock, lo cual evidencia una moderada población de ácaros remanentes que no fueron afectadas por el timol.

En la presente investigación el producto timol presentó la más alta caída de ácaros al día 13 de aplicado el producto con un valor el 26.27 por ciento (696 ácaros) del total de ácaros, presentando una tendencia similar a lo encontrado por Giacomelli *et al.* (2015) quienes encontraron que la caída más alta de varroa se alcanzó a los doce días aproximadamente. Por

su parte Calderón *et al.* (2014), observaron una baja mortalidad de ácaros durante las primeras 24 horas, la cual aumentó de manera progresiva hasta alcanzar la mayor mortalidad al día 8 de tratamiento. De igual manera, Espinoza y Guzmán (2007) y Leza *et al.* (2015), determinaron que timol mostró una tendencia mayor en la caída de ácaros a los 7 días del tratamiento.

4.4. EFECTOS COLATERALES

En la presente investigación se ha procurado determinar efectos colaterales de compuestos químicos varroicidas, tomando en consideración una serie de parámetros en relación a aspectos biológicos de las abejas, tales como: número de abejas por colmena, número de panales de cría, número de panales de reserva alimenticia, número de abejas muertas y postura en la reina. Los resultados obtenidos sobre el tema en particular, se muestran, más adelante, de manera individualizada a manera de cuadros y figuras en las cuales se resalta las diferencias existentes entre lo que se tuvo al inicio del experimento, respecto a lo que se registró para el mismo parámetro al final del ensayo. Como cuestión general y a modo de una tendencia algo común, los valores finales registrados dentro de los tratamientos fueron mayores a los registros iniciales, los que, aunque no se prestaron para un análisis estadístico, fueron numéricamente y diferencialmente importantes respecto al parámetro biológico; sin embargo, entre tratamientos en algunos parámetros se pudo encontrar diferencias significativas lo cual indica que entre los productos ensayados, algunos ejercen menor o mayor impacto sobre el parámetro biológico.

4.4.1. NÚMERO DE ABEJAS POR COLMENA

El Cuadro 7 y las Figuras 44 y 45, presentan el número de abejas por colmena al inicio y final del ensayo, y diferencia en porcentaje con su respectiva significancia estadística.

Cuadro 7: Densidad poblacional de abejas expresada en número, al inicio y final del ensayo, y diferencia porcentual, según tratamientos ensayados.

Tratamiento	Número inicial	Número final	Diferencia	Porcentaje (%)
Cumafós	24000	47250	23250	97.00 ^a
Timol	24000	46500	22500	94.00 ^a
Ácido oxálico	24000	39000	15000	62.75 ^b
Amitraz	24000	37500	13500	56.50 ^b
Testigo	24000	33750	9750	40.75 ^b

*Letras diferentes indican que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$)

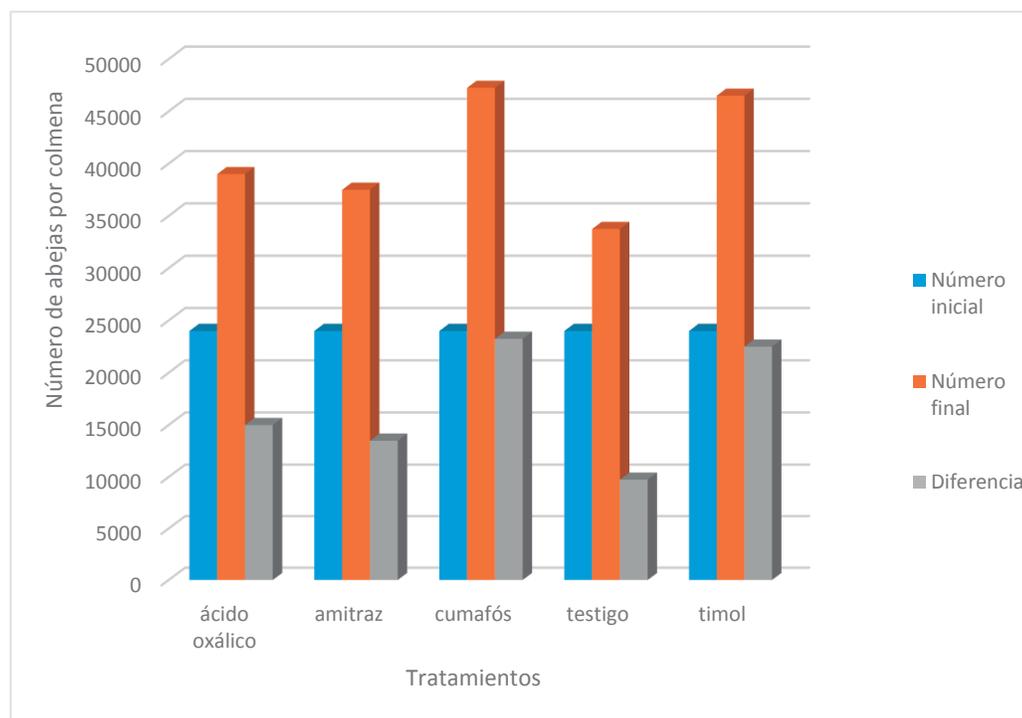


Figura 44. Número de abejas por colmena inicial, final y diferencia, según tratamientos ensayados.

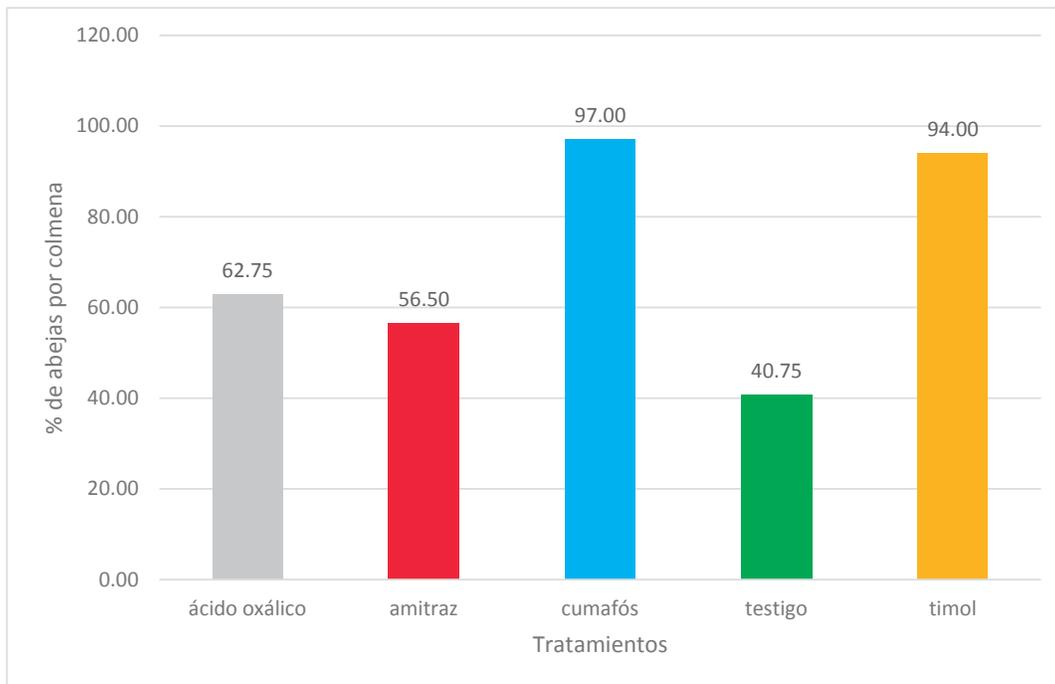


Figura 45: Porcentaje de abejas por colmena con los tratamientos ensayados.

El Cuadro 7 y las Figuras 44 y 45 presentan los valores diferenciales de número de abejas por colmena al inicio y al final del ensayo, en términos numéricos y porcentuales. Puede observarse los valores diferenciales que fluctúan entre 9750 y 23250 abejas por colmena en términos positivos, lo cual indica que en general, los tratamientos y aun el testigo, experimentaron un incremento en el número de abejas, debido al parecer a la influencia de los productos en el control de varroa, sumado a ello la actividad biológica de la colonia de abejas.

En términos porcentuales el número de abejas mostró una variación entre 40.75 y 97.00 por ciento de abejas entre las poblaciones inicial y final en las colmenas, correspondiendo los mayores valores al cumafós y el timol con 97.00 y 94.00 por ciento, respectivamente. Estos resultados sugieren que los productos ensayados ejercieron un efecto favorable en el desarrollo de la población en la colmena.

Todos los tratamientos ensayados mostraron un incremento en el número de abejas por colmena al finalizar el ensayo, con diferencias numéricas y estadísticas.

Entre los productos ensayados, el cumafós y el timol destacan por sus altos valores en términos de porcentajes respecto al incremento en el número de abejas por colmena, sin embargo los otros tratamientos, incluido el testigo, muestran valores a ser considerados como importantes, lo cual evidencia el impacto positivo o amigable de los tratamientos en las poblaciones de abejas adultas.

En la literatura se ha encontrado efectos favorables y desfavorables sobre el número de abejas por colmena al final de los tratamientos acaricidas, tal como puede apreciarse en los reportes de Moyón (2013) quien determinó en pruebas con ácido oxálico un ligero incremento en las poblaciones que variaron de 20000 a 22500, aunque con timol ocurrió todo lo contrario pero con un efecto negativo importante con una variación de 20000 a 12500 abejas. Por su parte, Ibacache (2006) encontró que el ácido oxálico no causó efecto negativo significativo sobre la población final de abejas adultas. Por el contrario Charriere e Imdorf (2002), encontraron que las colmenas se debilitan en población de abejas durante el invierno, independiente de la concentración de la solución de ácido oxálico.

Con respecto al posible efecto del amitraz sobre las abejas, Bolois (2012), no encontró diferencias significativas entre la población de abejas adultas antes y después de aplicar el tratamiento.

Un hecho interesante ocurrido en la presente investigación sobre los dispositivos de emisión del timol, estuvo representado por la disgregación del referido sustrato y en menor grado la propolización del mismo. Tal situación también ha sido notada por otros investigadores como Canovas (2006) quien indica que el empleo del timol para el control de la varroa puede provocar el desplazamiento de obreras y abandono de la cría, agitación de las abejas debido al aumento de la actividad de ventilación y una acción repelente del timol hacia las abejas, lo cual se manifiesta por un alejamiento de las abejas respecto a las tabletas con la sustancia química. Por otra parte, Eguaras *et al.* (2004) evidenciaron una mayor excitación de los individuos de la colonia, cuestión que fue desapareciendo paulatinamente con el paso de los minutos. Otra situación un tanto peculiar de abejas bajo tratamiento con timol lo constituye el roído o disgregado de las tabletas de vermiculita por parte de ellas, aspecto que, de acuerdo a Chiesa (1991), De Felipe y Vandame (1999) y Bulacio *et al.* (2010), resulta óptimo para una buena dispersión del principio activo por toda la colonia. El último autor pone de manifiesto, también, la propolización del emisor del timol.

4.4.2. NÚMERO DE PANALES DE CRÍA

El Cuadro 8 y las Figuras 46 y 47, presentan el número de panales de cría al inicio y final del ensayo, y diferencia en porcentaje con su respectiva significancia estadística.

Cuadro 8: Panales de cría al inicio y final del ensayo, y diferencia en porcentaje, según tratamientos ensayados.

Tratamiento	Número inicial	Número final	Diferencia	
			Númerica	Porcentaje (%)
Timol	6.00	9.75	3.75	15.88 ^a
Cumafós	6.00	9.25	3.25	15.63 ^a
Amitraz	6.00	8.25	2.25	8.13 ^b
Ácido oxálico	6.00	8.00	2.00	6.88 ^b
Testigo	6.00	8.00	2.00	6.00 ^b

*Letras diferentes indican que existen diferencias significativas para Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) entre los tratamientos

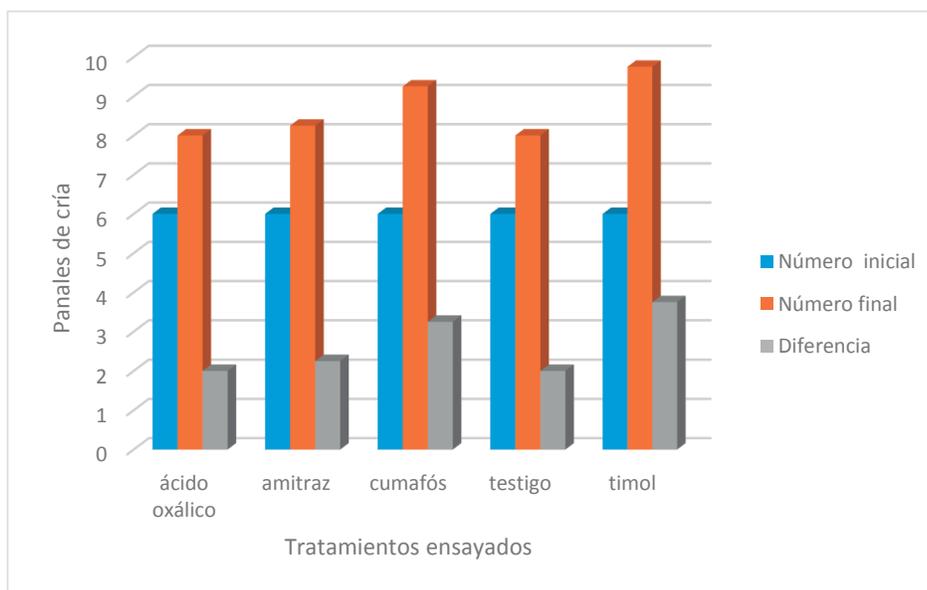


Figura 46: Número de panales de cría inicial, final y diferencia, según tratamientos ensayados.

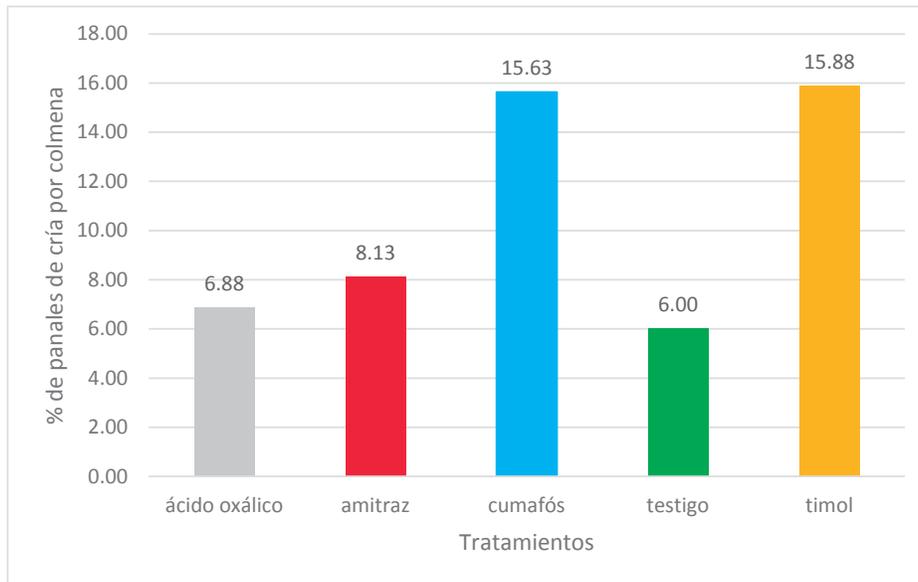


Figura 47: Porcentaje de panales de cría por colmena, según tratamientos ensayados.

El Cuadro 8 y las Figuras 46 y 47 presentan los valores diferenciales entre número de panales de cría al inicio y al final del ensayo, en términos numéricos y porcentuales. Puede observarse los valores diferenciales que fluctúan entre 2.00 y 3.75 panales de cría en términos positivos, lo cual indica que en general, los tratamientos y aun el testigo, experimentaron un incremento en el número de panales de cría, debido al parecer a la influencia de los productos en el control de la plaga, sumado a ello la actividad biológica de la colonia de abejas. Estos resultados sugieren que los productos ensayados no ejercen efecto negativo sobre formas biológicas en la colmena, y muy por el contrario promueven un mejor y mayor desarrollo de las crías.

En términos porcentuales el número de panales con cría mostró una variación entre 6.00 y 15.88 por ciento, correspondiendo los mayores valores al cumafós y timol con 15.88 y 15.63 por ciento, respectivamente. Además el timol y el cumafós son similares estadísticamente entre si pero diferentes a los otros tratamientos, incluido el testigo. Este hecho pone de manifiesto la evidente inocuidad de los productos sobre las crías y su eficacia en la disminución de las poblaciones de varroa.

La literatura especializada, poco o casi nada presenta sobre el impacto o efecto colateral de acaricidas para control de varroa, sobre aspectos biológicos como el número de panales de cría, sin embargo, lo que se ha registrado sobre el particular apunta a, generalmente, nulo o cierto impacto negativo de parte de algunos productos. Así, Ibacache (2003), en un ensayo con ácido oxálico, al final del experimento, no encontró efecto negativo sobre las crías. Por otra parte Aguirre *et al.* (2005), ensayando dosis de ácido oxálico, encontraron una disminución en el número de panales de cría, los cuales variaron de 6.80, 690 y 6.33 a 3.70, 1.50 y 0.33 para 35g/l, 40g/l y testigo, respectivamente. También, Demedio *et al.* 1998 ensayando el producto APILIFEVAR® (timol) encontró que el número de panales de cría tuvo una variación de 4.33 a 3.62 al final de la prueba. Por el contrario, Marcangeli *et al.* (2004) en un ensayo con COLMESAN® (amitraz) no observaron efectos negativos del producto sobre las crías de abejas en desarrollo.

4.4.3. NÚMERO DE PANALES DE RESERVA ALIMENTICIA

El Cuadro 9 y las Figuras 48 y 49, presentan el número de panales de reserva al inicio y final del ensayo, y diferencia en porcentaje con su respectiva significancia estadística.

Cuadro 9: Número de panales de reserva, expresados en número, al inicio y final del ensayo, y diferencia porcentual, según tratamientos ensayados.

Tratamiento	Número inicial	Número final	Diferencia	
			Númerica	Mediana Porcentaje (%)
Cumafós	4.00	6.75	2.75	17.25 ^a
Timol	4.00	6.25	2.25	14.75 ^a
Ácido Oxálico	4.00	5.25	1.25	9.75 ^b
Amitraz	4.00	4.75	0.75	7.25 ^{bc}
Testigo	4.00	4.00	0.00	3.50 ^c

*Letras diferentes indican que existen diferencias significativas para Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) entre los tratamientos

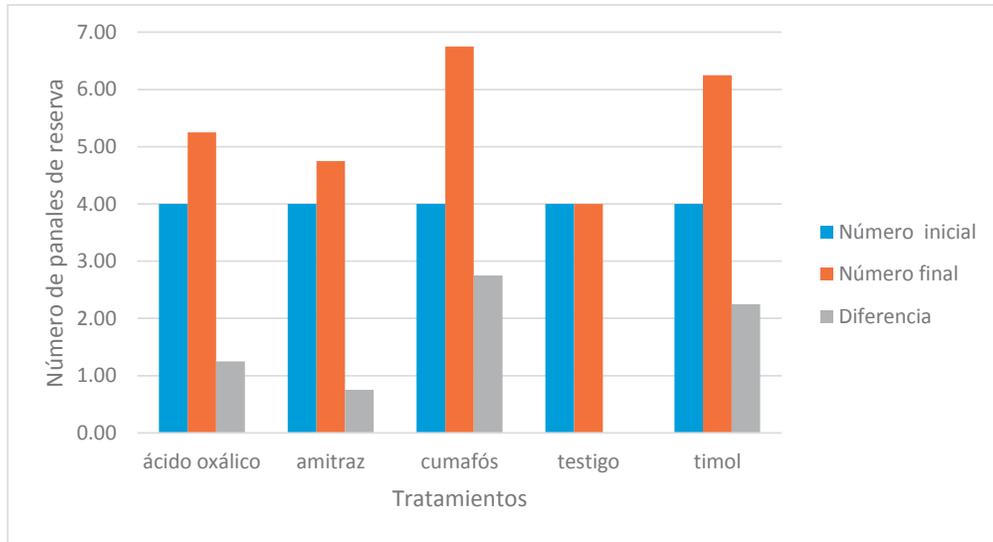


Figura 48: Número de panales de reserva inicial, final y diferencia, según tratamientos ensayados.

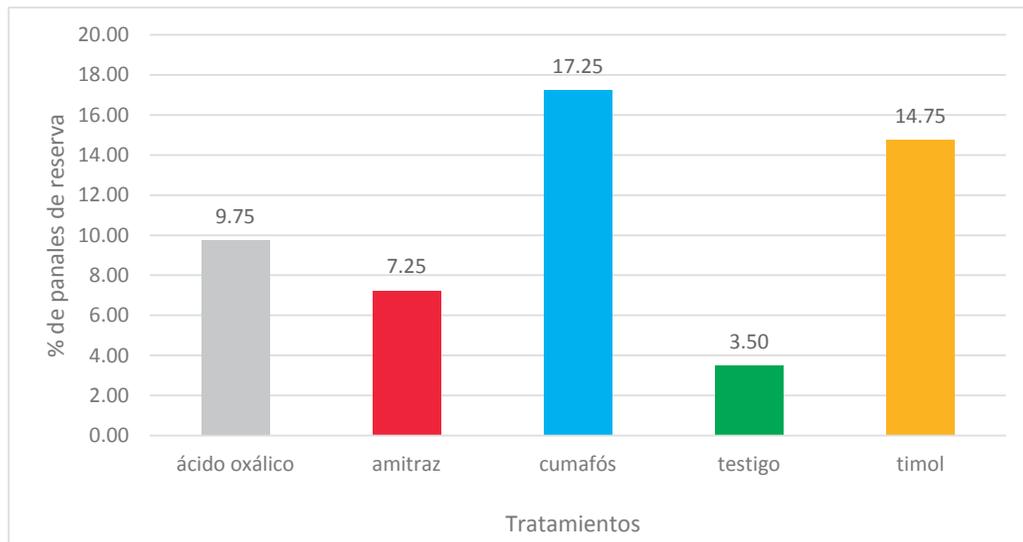


Figura 49: Porcentaje de panales de reserva por colmena, según tratamientos ensayados.

El cuadro 9 y las figuras 48 y 49 presentan los valores diferenciales de número de panales de reserva por colmena al inicio y al final del ensayo, en términos numéricos y porcentuales. Puede observarse los valores diferenciales que fluctúan entre 0.75 y 2.75 panales de reserva por colmena en términos positivos, no habiéndose registrado en el tratamiento testigo una

diferencia numérica. Lo referido indica que los tratamientos ensayados tuvieron un impacto positivo en el número de panales de reserva en todos los tratamientos excepto el testigo.

La diferencia entre número inicial y final de panales de reserva en términos porcentuales mostró una variación positiva, presentando medianas entre 3.50 y 17.25 por ciento, correspondiendo los mayores valores al cumafós y timol con 17.25 y 14.75 por ciento, respectivamente. El valor de 3.50 por ciento en el testigo supone una consecuencia por la falta de un factor de control de la varroa.

Estos resultados sugieren que los productos ensayados ejercieron un efecto favorable en la acumulación de reserva alimenticia en la colmena. Todos los tratamientos ensayados, excepto el testigo, mostraron un incremento en el número de panales de reserva por colmena al finalizar el ensayo, con diferencias numéricas y estadísticas.

Entre los productos ensayados, el cumafós y el timol destacan por sus altos valores en términos de porcentajes respecto al incremento en el número panales de reserva alimenticia por colmena, resultando ser similares estadísticamente entre si, pero diferentes a los otros tratamientos; sin embargo el ácido oxálico y amitraz, muestran valores a ser considerados como importantes, lo cual evidencia el impacto positivo o amigable de los tratamientos en el número de panales con reserva alimenticia.

Lo antes referido discrepa de lo hallado por Aguirre *et al.* (2005), quienes manifiestan haber encontrado una reducción en la reserva alimenticia cuando aplicaron ácido oxálico bajo la modalidad de goteo a dosis de 35 g/l, 40 g/l.

4.4.4. NÚMERO DE ABEJAS MUERTAS

El Cuadro 10 presenta el número de abejas muertas registrado a lo largo del ensayo, según tratamientos con sus respectivos valores numéricos promedio.

Cuadro 10: Número de abejas muertas registrado a lo largo del ensayo, según días que se indican

Producto	Día								Total
	1	3	6	13	21	29	37	45	
ácido oxálico	2	4	5	6	5	75	2	5	104
amitraz	4	11	12	33	3	12	11	12	98
cumafós	9	5	7	93	21	13	14	90	252
testigo	7	4	3	29	3	79	2	1	128
timol	2	3	91	4	4	7	5	15	131

El Cuadro 10 presenta los valores de número de abejas muertas registradas a lo largo del ensayo, desde el inicio y hasta al final. Estos valores en general fueron relativamente bajos o ligeramente moderados, los cuales según tratamientos y momentos de evaluación estuvieron en el orden de 1 a 93 abejas muertas, habiéndose registrado un total de 98 a 252 individuos muertos. El menor número total de abejas muertas se registró con el amitraz, mientras que el mayor número fue establecido con el cumafós. Los otros tratamientos generaron mortalidades entre los valores antes referidos. Se estima que las abejas murieron por efecto tóxico del producto acaricida, por un lado, y por acción mecánica al penetrar al interior de la trampa de varroa, por el otro, sin embargo, el escaso número de abejas muertas, hace suponer que la causa más probable de la muerte de las abejas estaría referida a la acción mecánica, ya que de haber un efecto tóxico el número de abejas muertas hubiera sido mucho mayor. Otro factor de mortalidad podría estar relacionado a la culminación de su periodo de longevidad.

En términos generales, los bajos valores de mortalidad registrados en el ensayo materia de la investigación, concuerdan con lo reportado por diversos autores como Silva (2006), quien registro 73.66 y 7.25 abejas muertas para las concentraciones de 10 y 20 por ciento de ácido oxálico, respectivamente; en tanto que Canovas (2006) señala que este ácido presenta cierta toxicidad a corto, mediano y largo plazo; sin embargo Akyol y Yeninar (2007) no encontraron mortalidad de abejas adultas en un experimento con la misma sustancia. Por el contrario, Moyón (2013), encontró la mayor mortalidad de abejas con ácido oxálico cuando este fue aplicado en jarabe de azúcar por medio de goteo, lo cual es atribuido a un efecto de sofocación, mas no de intoxicación. De manera similar, Vera *et al.* (2009), observaron

muerte de abejas cuando el ácido oxálico se aplicó a la concentración de 9.40 por ciento, no habiéndose registrado mortalidad a menores concentraciones.

Por otra parte, Del Hoyo *et al.* (2008) no detectaron diferencias significativas en la cantidad de abejas muertas por amitraz entre las colmenas del ensayo y las colmenas del grupo testigo, aun cuando aplicaron en dosis doble y cuádruple; aunque Floris *et al.* (2001) encontraron una mortalidad significativa en la primera semana de aplicado el producto.

En relación a ensayos con timol, Schmidt (2008), Moyón (2013), Del Hoyo *et al.* (2004) e Imdorf *et al.* (1995), no encontraron abejas muertas en número importante, sin embargo, los últimos autores señalan que sobredosis de timol pueden producir grandes pérdidas de abejas.

Finalmente, en colmenas sin tratamiento acaricida normalmente no ocurren mortalidades importantes de abejas, aunque lo contrario puede ocurrir ante altas infestaciones por varroa. Así, Moyón (2013) registró baja mortalidad de abejas; sin embargo, Floris *et al.* (2001) encontraron una alta mortalidad en colmenas no tratadas debido al aumento del nivel de infestación de varroa.

4.4.5. POSTURA EN LA REINA

Aunque no se han registrado datos para esta variable, a lo largo del experimento, se ha podido observar en las colmenas sometidas a los tratamientos, que la puesta de huevos por parte de la reina ocurrió de manera normal, o sea, sin alteraciones en el comportamiento de postura.

En las colmenas sometidas a tratamiento, en ningún momento se detuvo la puesta de huevos, lo cual permitió observar, en los panales, huevos a lo largo de todo el periodo de tiempo que los productos químicos se mantuvieron en actividad en la colmena. En este sentido, los panales en la parte media de la colmena siempre tuvieron larvas y pupas en desarrollo, permitiendo esto, la presencia de poblaciones normales y altas de abejas obreras. Además, los panales con crías operculadas de obreras mantuvieron abundante número de individuos y dispuestos densamente en el área de crías en los panales.

Lo encontrado en nuestra investigación coincide con lo reportado por Schmidt *et al.* (2008), quien indica que la postura de la reina no se vio afectada en absoluto por el empleo de

APILIFEVAR® (timol). Por el contrario Ellis *et al.* (2001) observaron una disminución en la postura de la reina y una disminución en la población de abejas por efecto del timol.

Carmona *et al.* (2002), citados por Bulacio *et al.* (2010), manifiestan que la presencia de timol en las colmenas en dosis óptimas controla la varroa sin interferir en la oviposición de la reina cuando la temperatura exterior se encuentra entre 10 y 25 °C. Por su lado, Bulacio *et al.* (2010) señalan que a pesar que NATURALVAR® contiene alta concentración de timol (32.12 g), sólo en algunas colmenas se observó corte de la postura en los primeros dos días de aplicado.

V. CONCLUSIONES

- El cumafós y el timol, en ese orden, mostraron la mayor efectividad en la caída de varroa forética, aunque sin diferencias significativas entre ellos, pero si con respecto al ácido oxálico y el amitraz.
- El ácido oxálico mostró un potencial efecto de control del ácaro, habiendo generado una caída acumulada de varroa que se hizo evidentemente importante hacia la parte final del ensayo.
- La caída acumulada de varroa por efecto de cumafós y timol se mantuvo relativamente alta a lo largo del tiempo de permanencia del producto en la colmena.
- Ningún producto empleado en el ensayo mostró efectos colaterales en las colmenas, respecto a: número de abejas por colmena, número de panales de cría, número de panales de reserva alimenticia, número de abejas muertas y postura en la reina.
- La caída natural de varroa en colmenas sin tratamiento fue relativamente importante, lo que pudo estar relacionado a la tolerancia o resistencia de las abejas a la plaga.

VI. RECOMENDACIONES

- Recomendar a los apicultores el uso racional de los acaricidas que mostraron mejor efectividad en el control de varroa, lo cual implica entre otras cosas, el uso alternado de productos, según campañas y cuando las circunstancias lo ameriten, para evitar ocurrencia de poblaciones perjudiciales a las colonias.
- Continuar ensayos con los mejores productos acaricidas en el control de varroa, haciendo énfasis en las dosis diferenciales de aplicación.
- Profundizar investigaciones relacionadas a la utilización de acaricidas orgánicos como el ácido oxálico en el control de varroa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRODIGITAL. 2016. Descubren dos nuevas mutaciones del ácaro Varroa que le permiten resistir los plaguicidas y continuar matando abejas. (En línea). Buenos Aires, AR. Consultado 06 jul. 2016. Disponible en <http://www.agromeat.com>.

AGUIRRE, J; ROMERO, F; CEPEDA, A; CHAN, S; DEMEDIO, J; SANABRIA, J. 2005. Evaluaciones de la eficacia varroicida del ácido oxálico por goteo en colmenas de Baja California Sur, México, y La Habana, Cuba. (En línea). La Habana, CU. Consultado 27 jun. 2016. Disponible en <http://www.actaf.co.cu/revistas/apiciencia/2009-1/6.pdf>

ANDESIA, 2009. Hoja de seguridad del ácido oxálico. (En línea). Consultado 19 de jun. 2016. Disponible en http://www.andesia.com/doc/quimicos/HojaSeguridad_Acido-Oxalico.pdf

ANIDO, M. 2013. Epidemiología de los principales patógenos de interés apícola en Uruguay. (En línea). Montevideo, UY. Consultado 06 jul. 2016. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/3996/1/uy24-16467.pdf>

ARECHA VALETA, ME; GUZMÁN, E. 2000. Producción de miel de colonias de abeja (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con flavulinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. Vet. Mex., 31(4): 381-384

AYKOL, E; YENIMAR, H. 2007. Use of oxalic acid to control *Varroa destructor* in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 2009; 33(4): 285-288.

BOLOIS, M. 2012. Amitraz frente a *Varroa destructor*: Eficacia y detección de resistencia. Facultad de Veterinaria: 45.

BOUNOUS, C., BOGA, V. 2005. Fundamentos para el control de varroa y loque americana. (En línea). Montevideo, UY. Consultado 27 jun. 2015. Disponible en <http://www.inia.uy/>

BULACIO, C; BASUALDO, M; EGUARAS, M. 2010. Actividad varroicida del timol en colonias de *Apis mellifera* L. de la provincia de Santa Fe. InVet. 12(1): 85-90.

BULACIO, C; RIVERO, R. 2011. Evaluación del ácido fórmico y el timol para el control de la varroosis en un apiario con manejo sanitario orgánico. Ciencias Veterinarias. 10(2): 25-32.

CALDERÓN, R; PAVON, C; PICHARDO, J; RAMÍREZ, F. 2011. Tratamiento del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas Africanizadas utilizando Amitraz (Amivar®). Boletín de Parasitología 12(4): 1-2. ISSN: 1659-0295.

CALDERÓN, R; RAMÍREZ, M; RAMÍREZ, F; VILLALOBOS, E. 2014. Efectividad del ácido fórmico y el timol en el control del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas. Agronomía Costarricense 38(1): 175-188. ISSN: 0377-9424.

CANOVAS, J. 2006. *Varroa (Varroa Jacobsoni)*. Situación actual y métodos de control (En línea). Zaragoza, ES. Consultado 04 ago. 2016. Disponible en <http://www.agroecologia.net>

CARREÑO, R; SALAZAR, S. Control del ectoparásito *Varroa destructor* (Varroidae) En *Apis mellifera* (En línea). Santander, CO. Consultado 30 may. 2016. Disponible en <http://sy.e.univalle.edu.co/index.php/rciencias/article/view/2816>

CCE, IPCS (Comisión de las Comunidades Europeas, Programa Internacional de la Seguridad de las Sustancias Químicas), 1994. Fichas Internacionales de Seguridad Química (En Línea). Consultado 07 jul. 2016. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/nspn0422.pdf>

CHARRIÈRE, J.D., IMDORF, A. 2002. Oxalic acid treatment by trickling against *Varroa destructor*: Recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions. Bee World. 83: 51-60

CHIESA, F. 1991. Effective control of varroatosis using powdered thymol. Apidologie; 22:135-145

CORONA APICULTORES, 2013. *Varroa* transmisor de patógenos. (En línea). Consultado 06 jul. 2016. Disponible en <http://coronaapicultores.blogspot.pe>

CRESPO, R; CRESPO, L; VIADER, S; GUARDIA, A. 2011. Ensayo a campo de la eficacia de acaricidas comerciales para el control de *Varroa destructor* (Acari: varroidae). RIA.37 (3): 225- 230.

DÁVILA M, ORTIZ, M. 1987. Presencia del ácaro *Varroa jacobsoni*, ectoparásito de la abeja de la miel, en el Perú. Rev. per. Ent. 30: 79-80.

DE FELIPE, H; VANDAME, R. 1999. Curso de capacitación sobre control alternativo de varroa en la apicultura (En línea). Cordova, MX. Consultado 31 may. 2016. Disponible en <http://mse.bayersanidadanimal.com.mx/ipublish/data/files/varroasis.pdf>

DEL HOYO, M; TOLEDO, M; VIDONDO, P. 2004. Eficacia acaricida y mortalidad de abejas, del producto NATURALVAR (En línea). Buenos Aires, AR. Consultado 02 jun. 2016. Disponible en <http://www.apilab.com/Ensayos/Amivar%20BT-09-EFIC-01-2008-10-06.pdf>

DEL HOYO, M; TOLEDO, M; VIDONDO, P. 2008. Eficacia acaricida y seguridad del producto AMIVAR con soporte en PVC (En línea). Buenos Aires, AR. Consultado 02 jun. 2016. Disponible en <http://www.apilab.com/Ensayos/Amivar%20BT-09-EFIC-01-2008-10-06.pdf>

DE LA SOTA, M; BACCI, M. 2005. SENASA. Enfermedades de las abejas. Manual de procedimientos. Dirección Nacional de Sanidad Animal. 3:18-29.

DEMEDIO, J; SANABRIA, J; DE LA PAZ, J; VERDE, M; VALLE, Y; GIRAL, T. 1998. El registro de productos para el control de la varroosis de la abeja melífera en Cuba. La Habana, CU. Consultado 29 jul. 2016. Disponible en <http://www.actaf.co.cu/revistas/apiciencia/2009-3/5.pdf>

EGUARAS, M; CORA, D; RUFFINENGO, S; FAVERIN, C Y PALACIO, A. 2004. Efectividad del timol en el control de *Varroa destructor* en condiciones de laboratorio y en colonias de *Apis mellifera*. Natura Neotropicalis; 34 y 35:27-32

ELZEN, PJ; BAXTER, JR; SPIVAK, M; WILSON, WT. 2000. Control of *Varroa jacobsoni* Oud. resistant to fluvalinate and amitraz using coumaphos. Apidologie 31: 437-441.

ELLIS, J; DELAPLANE, K; HOOS, M. 2001. Efficacy of a botton screen device, Apistan and Apilife Var in controlling *Varroa destructor*. American Bee Journal 141: 813-816.

- ESPINOZA, L. 2004. *Varroa destructor*. Imagen Veterinaria 4(2): 16-21.
- ESPINOZA, L; GUZMÁN, N. 2007. Eficacia de dos acaricidas naturales, ácido fórmico y timol, para el control del acaro *Varroa destructor* de las abejas (*Apis mellifera* L.) en Villa Guerrero, Estado de México. Vet.Méx. 38(1): 9-19.
- FLORIS, I; SATTA, A; GARAU, V.L; MELIS, M; CABRAS, P; ALOUL, N. 2001. Efectiveness, persistence and residue of amitraz plastic strips in the apiary control of *Varroa destructor*. Apidologie. 32:577-585.
- FORMATO, G; MENEGOTTO, A; JANNONI-SEBASTIANINI, R. 2015. Varroa mites (Varroatosis or Varroosis). (En línea). Lazio, IT. Consultado 06 jul. 2016. Disponible en <http://teca.fao.org/read/8416>
- FRANCO, C. 2009. Evaluación de tres productos naturales para el control alternativo del ácaro varroa (*Varroa destructor*) en colmenas de abejas (*Apis mellifera*) usando gel como sustrato portador". (En línea). Nueva Guatemala de la Asunción, GT. Consultado 27 jun. 2015. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/01/01_2500.pdf
- FRAZIER, M; CARON, DEWEY AND VANENGELSDORP, D. 2011. A Field Guide to Honey Bees and Their Maladies. Penn. State Univ. Pub. AGRS-116. 20 pp.
- GIACOMELLI, A; PIETROPAOLI, M; CARVELLI, A; IACOPONI, F; FORMATO, G. 2015. Combination of thymol treatment (Apiguard®) and caging the queen technique to fight *Varroa destructor*. Apidologie. 2015: 1-11.
- GOODWIN, M; C.V. EATON. 2001. Control of varroa. A guide for New Zealand Beekeepers. Wellington, NZ. Ministry of Agriculture and Forestry, pp: 6-67.
- GREGORC, A; PLANINC, I. 2001. Acaricidal effect of oxalic acid in honeybee (*Apis mellifera*) colonies. Apidologie, 32: 333-340.
- GREGORC, A; PLANINC, I. 2002. The control of *Varroa destructor* using oxalic acid. Vet. Journal 163: 306-310.
- GREGORC, A; J. POKLUKAR. 2003. Rotenone and oxalic as alternative acaricidal treatments for *Varroa destructor* in honeybee colonies. Vet. Parasitol. 111: 351-360.

GREGORC, A; PLANINC, I. 2012. Use of thymol formulations, amitraz, and oxalic acid for the control of the varroa mite in honey bee (*Apis mellifera carnica*) colonies. Journal of Apicultural Science. 56 (2): 61-70

GUERRA, A; ROSERO, H. 2013. Evaluación de cinco tratamientos para el control del ácaro “*Varroa destructor*” en abejas (*Apis mellifera*) (en línea). Quito, EC. Consultado 06 ago. 2016. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3129/1/T-UCE-0014-39.pdf>

GUTIÉRREZ, M. 2016. Amitraz en urgencias toxicológicas. (En línea). Bogota, CO. Consultado 07 jul. 2016. Disponible en <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/utoxicologicas/amitraz/>

HOOD, W. MICHAEL. 2000. “Varroa Mite Control in South Carolina.” Entomology Insect Information Series. Clemson Cooperative Extension Website, http://www.clemson.edu/extension/beekeepers/factsheets/varroa_mite_control_in_sc.html

HUANG, Z. 2012. Varroa mite reproductive biology. American Bee Journal, 29:51-60

HUNT, G. 2010. Parasitic Mites of Honey Bees. Purdue Extension.

IBACACHE A, 2003. Evaluación de cuatro tratamientos alternativos en el control de Varroa, destructor Anderson y Trueman en *Apis mellifera* L. en la zona de Valparaíso. (En línea). Valparaíso, CH. Consultado 09 feb. 2015. Disponible en www.researchgate.net/

IICA (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA, HN), 2009. Manual de enfermedades Apícolas. (En línea). Tegucigalpa, HN. Consultado 25 jun. 2015. Disponible en <http://www.iica.int/>

IMDORF, A; BOGDANOV, S; KILCHENMANN, V; MAQUELIN, C. 1995. Apilife Var: A new varroacide with thymol as main ingredient. Bee World 76: 77-83.

IQB (INSTITUTO QUÍMICO BIOLÓGICO, ES), 2010. Timol. (En línea). Madrid, ES. Consultado 25 jun. 2016. Disponible en <http://www.iqb.es/monografia/fichas/ficha115.htm>

JUNQUERA, P. 2015a. Amidimas - amitraz - para uso veterinario contra parásitos externos del ganado bovino, ovino, caprino, porcino, aviar y en perros (En línea). Consultado 04 may. 2016. Disponible en <http://parasitipedia.net/>.

_____.2015b. CUMAFÓS para uso veterinario en bovinos, ovinos, caprinos, porcinos, aves, caballos y perros contra garrapatas, ácaros, sarna, piojos, pulgas y moscas (En línea). Consultado 19 jun. 2016. Disponible en <http://parasitipedia.net/>.

LALAMA, K. 2000. Evaluación de la efectividad de tres acaricidas en el control del ácaro *Varroa jacobsoni* (Oudemans) en abejas *Apis mellifera* (En línea). San José, CR. Consultado 28 may. 2016. Disponible en <http://digital.zamorano.edu/bitstream/>

LEZA, M; LLADO, G; MIRANDA, M. 2015. Comparison of the efficacy of Apiguard (thymol) and Apivar (amitraz) in the control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). Spanish Journal of Agricultural Research. 13(3): 1-5

MANTILLA, 2013. Caracterización de enfermedades apícolas (loque americana, loque europea, nosemosis y varroasis) en el Perú (en línea). Lima, PE. Consultado 25 jun. 2015. Disponible en www.senasa.gob.pe/

MARCANGELI, J; GARCÍA, M.D.C; CANO, G; DISTEFANO, L; MARTÍN, M.L; QUIROGA, A; RASCHIA, F; VEGA, V. 2003. Eficacia del Oxavar para el control del ácaro *Varroa destructor* (Varroidae) en colmenas de *Apis mellifera* (Apidae). Rev. Soc. Entomol. Argent., 62 (3-4): 75-79.

MARCANGELI, J; GARCÍA, M. 2004. Effect of *Apis mellifera* (Apidae) honeybee brood amount on Oxavar® acaricide efficacy against the mite *Varroa destructor* (Varroidae). Rev. Soc. Entomol. Argent. 63 (3-4): 35-38

MARCANGELI, J; PÉREZ, R; LEVERATTO, D; GUARDIA, A. 2004. Ensayo a campo sobre la eficacia a campo del Colmesan^R contra el ácaro *Varroa destructor* (Varroidae) en Colmenas de *Apis mellifera* (Apidae). Rev. Soc. Entomol. Argent. 63(3-4):29-33.

MARCANGELI, J; GARCIA, M.C; VEGA, C; QUIROGA, A; MARTIN, M.L; DISTEFANO, L; CANO, G. 2005. Estudio sobre la eficacia a campo del Amivar^R contra *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) en Colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Rev. Soc. Entomol. Arg. 64(1-2):29-33.

MARINELLI, E; DE PACE, F; RICCI, L; PERSANO, L. 2001. Use of different formulated with thymol for summer treatment antivarroa in a Mediterranean environment. Experimental

Institute for Agricultural Zoology, Section of Beekeeping, Roma (en línea). Roma, IT. Consultado 31 jul. 2016. Disponible en <https://wasatchwarre.files.wordpress.com>

MARTÍNEZ, J; MARTINEZ, E; ALCALÁ, K; LEAL, M; VIVAS, J. 2011. Prevención de Varroasis y suplementación. Distrito Federal, ME. 8-17 p. (Folleto Técnico No. 6)

MASSACCESI, C. 2002. Apicultura en la Patagonia Andina. (En línea). Buenos Aires, AR. Consultado 28 jun. 2015. Disponible en <http://inta.gob.ar/>

MAY-ITZÁ, W; MEDINA, L; MARRUFO, J. 2007. Eficacia de un gel a base de timol en el control del ácaro *Varroa destructor* que infesta colonias de abejas *Apis mellifera*, bajo condiciones tropicales en Yucatán, México. Veterinaria México, 38(1): 1-8.

MILANI, N. 1999. The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. Apidologie. 30:229-234.

MIRANDA, E. 2002. Apilifevar y Apiguard: Evaluación de dos tratamientos contra la varroasis y la acariosis de las abejas. (En línea). La Habana, CU. Consultado 29 jul. 2016. Disponible en <http://apimondiafoundation.org/foundation/files/141s.pdf>

MOYÓN, J. 2013. Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis *Varroa destructor* en tres apiarios de la provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Zoo. Riobamba, EC, ESPOCH. 64-70 p.

MSPSI (MINISTERIO DE SANIDAD, POLITICA SOCIAL E IGUALDAD), 2011. Resumen de la las características del producto THYMOVAR (En Línea). Madrid, ES. Consultado 08 jul. 2016. Disponible en <http://sinaem4.aemps.es>

MSPSI (MINISTERIO DE SANIDAD, POLITICA SOCIAL E IGUALDAD), 2012. Resumen de la las características del producto ECOXAL (En Línea). Madrid, ES. Consultado 08 jul. 2016. Disponible en <file:///D:/Downloads/Ecoxal%2011-2012.pdf>

MSPSI (MINISTERIO DE SANIDAD, POLITICA SOCIAL E IGUALDAD), 2013. Resumen de las características de cumafos. (En línea). Madrid, ES. Consultado 05 may. 2016. Disponible en <file:///D:/Desktop/APICULTURA%20GENERAL/20cumafos.pdf>

PANREAC, 2006. Ficha de seguridad del timol. (En línea). Consultado 07 jul. 2016. Disponible en: http://www.foresosona.org/productes_quimics/protocols/timol.pdf

PÉREZ, E. NM. 2006. Control alternativo de *Varroa destructor* Anderson & Trueman utilizando panales zanganeros sintéticos. (En línea). Valdivia, CL. Consultado 27 jun. 2015. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uchile.cl/>

PETTIS, J. S. 2004. A scientific note on *Varroa destructor* resistance to coumaphos in the United States. *Apidologie*. 35:91–92.

POLAINO, C. 2006. Manual práctico del apicultor. Madrid, ES. 381-387 p.

PORTALES, D. 2003. Aplicación primaveral de mentol para el control de *Varroa destructor* Anderson & Trueman, en *Apis mellifera* L. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 5-64 p.

SCHMIDT, S; NEIRA, M; CARRILLO, R. 2008. Evaluación comparativa de los acaricidas bayvarol (flumetrina) y apilife var (timol, eucaliptol, mentol y alcanfor) en el control del acaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman en época primaveral. (En línea) Valdivia, CL. *AGROSUR*. 36(1): 8-14. Consultado 27 jun. 2015. Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/>

SENAMHI (SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ), 2016. Consultado 07 jun. 2016. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/> include mapas/datestatipo.php?estaciones=472AC278.

SILVA, M. AF. 2006. Evaluación del ácido oxálico sobre *Varroa destructor* Anderson y Trueman (Acari: Mesostigmata), aplicado en otoño sobre colonias de *Apis mellifera* L. (Hym: Apidae). (En línea). Valdivia, CL. Consultado 27 jun. 2015. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/>

SMODIŠ, M; NAKRST, M; POLJANŠEK, L; GREGORC, A. 2010. The acaricidal effect of flumethrin, oxalic acid and amitraz against varroa destructor in honey bee (*Apis mellifera carnica*) colonies. *Acta vet. Brno*, 2011, 80: 51-56.

SOMERVILLE, D. 2009. Varroa mites. Primefact 861, NSW Department of Primary Industries. Website, http://www.dpi.ssw.au/_data/assests/pdf_file/006/268026/Varroa-mites.pdf

TOLEDO, M; TORRES, J; UGALDE D. 2006. Eficacia acaricida del producto CUMAVAR (en línea). Buenos Aires, AR. Consultado 28 de may. 2016. Disponible en <http://www.apilab.com/Ensayos/CUMAVAR%20BT-05-EFIC-01-2007-09-05.pdf>

VANDAME, R. 2000. Control Alternativo de Varroa en Apicultura. 2.2 ed.

VANDAME, R; GANZ, P; GARIBAY, S; REYES, T. 2012. Manual de apicultura orgánica. (En línea) Chiapas, MX. Consultado 7 de feb. 2016. Disponible en http://www.fibl.org/fileadmin/documents/en/pu/vandame-et-al-2012_manual_napicultura.fdf

VARELA, J. 2016. El Ácido oxálico (En línea). Consultado 30 de ago. 2016. Disponible en <https://ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com/2016/07/08/el-acido-oxalico-bergman/>

VÁSQUEZ, J; NARREA, M; BRACHO, J. 2006. Efecto del ácido fórmico, ácido oxálico y coumaphos sobre *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) en colonias de abejas. Nota Técnica. Rev. Perú. Entomol. 45:149 - 152.

VERA, M; DIAZ, S; RAMALLO, G; SANCHEZ, L; MENDOZA, Y. 2009. El ácido oxálico en el control de varroa (En línea). Montevideo, UY. Consultado 30 de jul. 2016 (En línea). Montevideo, UY. Consultado 30 de jul. 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/112761140509102253.pdf>

ZEMENE, M; BOGALE, B; DERSO, S; BELETE, S; MELAKU, S; HAYLU, H. 2015. A Review on Varroa Mites of Honey Bees. Academic Journal of Entomology 8 (3): 150-159.

ANEXOS

Anexo 1. Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación, según la estación meteorológica Alexander Von Humboldt, de la Univerisidad Nacional Agraria La Molina.

Mes/año	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)
	Promedio	Máximo	Mínimo	
Octubre (2015)	19	23	16	80
Noviembre (2015)	19	23	17	79

Anexo 2. Porcentaje de infestación inicial y final en abejas adultas por *Varroa destructor* y efectividad relativa de los acaricidas

Tratamiento	N°colmena	Infestación inicial			Infestación final			Efectividad relativa (%)
		N° abejas	N° de Varroas	% de infestación	N° abejas	N° de Varroas	% de infestación	
Ácido oxálico	1	334	11	3.29	365	2	0.55	83.36
Ácido oxálico	2	393	14	3.56	395	6	1.52	57.36
Ácido oxálico	3	372	18	4.84	388	6	1.55	68.04
Ácido oxálico	4	326	17	5.21	300	9	3.00	42.47
Amitraz	1	399	15	3.76	300	6	2.00	46.80
Amitraz	2	380	12	3.16	319	3	0.94	70.22
Amitraz	3	398	13	3.27	380	5	1.32	59.72
Amitraz	4	381	20	5.25	341	10	2.93	44.13
Cumafós	1	337	20	5.93	305	0	0.00	100.00
Cumafós	2	352	12	3.41	374	1	0.27	92.16
Cumafós	3	300	11	3.67	324	1	0.31	91.58
Cumafós	4	381	22	5.77	400	1	0.25	95.67
Testigo	1	316	13	4.11	356	14	3.93	4.41
Testigo	2	400	17	4.25	377	16	4.24	0.14
Testigo	3	374	17	4.55	400	8	2.00	56.00
Testigo	4	333	13	3.90	340	13	3.82	2.06
Timol	1	316	10	3.16	354	2	0.56	82.15
Timol	2	381	15	3.94	392	4	1.02	74.08
Timol	3	381	17	4.46	371	1	0.27	93.96
Timol	4	320	14	4.38	399	2	0.50	88.54

Anexo 3: Total de varroas caídas por efecto de los tratamientos a los 45 días, total de varroa caída mediante la técnica de shock químico y efectividad de tratamientos.

Tratamiento	Nº colmena	Caída de varroa por tratamientos	Caída de varroas por el shock químico	Efectividad
Ácido oxálico	1	783	144	84.47
Ácido oxálico	2	2480	882	73.77
Ácido oxálico	3	3308	874	79.10
Ácido oxálico	4	1035	1336	43.65
Amitraz	1	796	1351	37.07
Amitraz	2	1274	628	66.98
Amitraz	3	3393	884	79.33
Amitraz	4	2559	1691	60.21
Cumafós	1	1529	47	97.02
Cumafós	2	1199	63	95.01
Cumafós	3	6092	50	99.19
Cumafós	4	921	131	87.55
Testigo	1	1731	762	69.43
Testigo	2	1472	1267	53.74
Testigo	3	614	749	45.05
Testigo	4	1748	741	70.23
Timol	1	2430	255	90.50
Timol	2	1655	464	78.10
Timol	3	2374	248	90.54
Timol	4	0	411	0.00

Anexo 4: Caída acumulada de *Varroa destructor* según periodos de tiempo a la evaluación.

Tratamiento	Nº Colmena	Caída acumulada de varroa						
		A las 24 horas	a las 48 horas	A las 72 horas	A los 07 días	A los 15 días	A los 30 días	A los 45 días
Ácido oxálico	1	5	32	89	158	241	386	479
Ácido oxálico	2	14	46	103	188	298	615	829
Ácido oxálico	3	47	131	279	589	1016	1878	2611
Ácido oxálico	4	52	166	341	661	1357	2731	3474
Amitraz	1	22	74	143	305	509	897	1109
Amitraz	2	16	40	72	167	309	579	836
Amitraz	3	55	153	231	484	716	1173	1427
Amitraz	4	201	298	472	925	1597	2943	3691
Cumafós	1	1002	1855	2914	3716	3958	4261	4414
Cumafós	2	259	382	480	730	1059	1504	1911
Cumafós	3	232	344	498	766	1009	1334	1543
Cumafós	4	894	1406	2321	4194	5602	7018	7498
Testigo	1	17	80	149	307	474	766	1001
Testigo	2	26	120	278	556	818	1387	1851
Testigo	3	40	128	288	578	796	1272	1600
Testigo	4	22	44	79	181	280	487	658
Timol	1	46	300	641	307	1539	1943	2048
Timol	2	68	182	334	556	1312	2262	2612
Timol	3	20	87	167	578	900	1524	1742
Timol	4	79	441	1424	181	2304	2673	2815

Anexo 5: Dinámica de caída de *Varroa destructor* durante todo el ensayo

Tratamiento	Nº Colmena	Registro de varroas caídas según días que se indican, después de los tratamientos								Shock químico	
		1	3	6	13	21	29	37	45	49*	53*
Ácido oxálico	1	5	27	57	110	82	70	72	56	100	44
Ácido oxálico	2	14	32	57	141	142	160	134	149	800	82
Ácido oxálico	3	47	84	148	536	433	419	476	468	810	64
Ácido oxálico	4	52	114	175	724	586	845	526	452	1090	246
Amitraz	1	22	52	69	254	233	196	154	129	1200	151
Amitraz	2	16	24	32	164	145	120	163	172	500	128
Amitraz	3	55	98	78	359	253	233	210	141	730	154
Amitraz	4	201	97	174	815	652	701	588	463	1610	81
Cumafós	1	1002	853	1059	977	181	128	117	97	30	17
Cumafós	2	259	123	98	486	187	237	236	285	60	3
Cumafós	3	232	112	154	419	216	141	126	143	40	10
Cumafós	4	894	512	915	2811	992	684	404	286	110	21
Testigo	1	17	63	69	239	162	175	117	159	700	62
Testigo	2	26	94	158	397	316	299	290	271	1100	167
Testigo	3	40	88	160	403	232	289	136	252	600	149
Testigo	4	22	22	35	150	124	119	56	130	600	141
Timol	1	46	254	341	743	311	212	77	64	200	55
Timol	2	68	114	152	735	531	461	375	176	400	64
Timol	3	20	67	80	532	355	363	213	112	100	148
Timol	4	79	362	983	773	296	119	107	96	180	231

Anexo 6: Número inicial y final de panales de cría, número de abejas por colmena y panales de reserva alimenticia con sus respectivos porcentajes diferenciales.

Tratamiento	Nº colmena	Panales de cría				Número abejas por colmena				Panales de reserva			
		Inicio	Final	Diferencia	% diferencia	Inicio	Final	Diferencia	% diferencia	Inicio	Final	Diferencia	% diferencia
Ácido oxálico	1	6	8	2	33	24,000	42000	18,000	75	4	6	2	50
Ácido oxálico	2	6	8	2	33	24,000	39000	15,000	63	4	5	1	25
Ácido oxálico	3	6	7	1	17	24,000	39000	15,000	63	4	6	2	50
Ácido oxálico	4	6	9	3	50	24,000	36,000	12,000	50	4	4	0	0
Amitraz	1	6	8	2	33	24,000	36,000	12,000	50	4	5	1	25
Amitraz	2	6	8	2	33	24,000	39000	15,000	63	4	5	1	25
Amitraz	3	6	8	2	33	24,000	39000	15,000	63	4	5	1	25
Amitraz	4	6	9	3	50	24,000	36000	12,000	50	4	4	0	0
Cumafós	1	6	9	3	50	24,000	48,000	24,000	100	4	7	3	75
Cumafós	2	6	9	3	50	24,000	48000	24,000	100	4	7	3	75
Cumafós	3	6	9	3	50	24,000	45,000	21,000	88	4	6	2	50
Cumafós	4	6	10	4	67	24,000	48,000	24,000	100	4	7	3	75
Testigo	1	6	8	2	33	24,000	36,000	12,000	50	4	4	0	0
Testigo	2	6	8	2	33	24,000	30,000	6,000	25	4	4	0	0
Testigo	3	6	8	2	33	24,000	33000	9,000	38	4	4	0	0
Testigo	4	6	8	2	33	24,000	36,000	12,000	50	4	4	0	0
Timol	1	6	12	6	100	24,000	48000	24,000	100	4	6	2	50
Timol	2	6	9	3	50	24,000	48000	24,000	100	4	7	3	75
Timol	3	6	9	3	50	24,000	45,000	21,000	88	4	6	2	50
Timol	4	6	9	3	50	24,000	45,000	21,000	88	4	6	2	50

Anexo 7: Número de abejas muertas encontradas durante los 45 días del ensayo

Tratamiento	N°colmena	24 H:00	48 H:00	72 H:00	4 días									
Ácido oxálico	1	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ácido oxálico	2	0	4	2	0	0	1	3	0	5	0	0	1	0
Ácido oxálico	3	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	1	1
Ácido oxálico	4	0	0	3	0	4	0	0	0	0	2	0	2	0
Amitraz	1	0	1	6	15	0	0	0	1	0	0	0	3	1
Amitraz	2	4	0	0	1	1	0	3	5	0	3	0	3	1
Amitraz	3	0	5	1	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0
Amitraz	4	0	5	5	1	15	0	0	0	6	0	3	1	0
Cumafós	1	9	0	0	1	0	0	0	0	0	4	4	80	0
Cumafós	2	0	0	7	50	0	5	5	0	0	6	0	4	2
Cumafós	3	0	5	0	1	40	5	5	6	0	0	0	3	0
Cumafós	4	0	0	0	1	0	0	1	0	7	0	0	1	0
Testigo	1	0	4	0	10	4	0	0	0	75	0	0	0	0
Testigo	2	0	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0
Testigo	3	0	0	3	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Testigo	4	7	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	1
Timol	1	0	3	20	0	0	0	0	0	1	0	3	0	5
Timol	2	2	0	30	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Timol	3	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Timol	4	0	0	21	0	0	0	4	0	6	0	0	0	5

Anexo 8. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable efectividad de los acaricidas según la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y la infestación final en abejas adultas.

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas		Infestación inicial		Infestación final		Efectividad	
		DST	DT	DST	DT	DST	DT
Bartlett test of homogeneity of variances	K-squared	5.7631	5.4598	10.03	1.3648	8.9141	5.4125
	df	4	4	4	4	4	4
	p-value	0.2176	0.2433	0.03993	0.8503	0.06328	0.2475
Shapiro-Wilk normality test	W	0.92838	0.93969	0.8779	0.9572	0.8848	0.92372
	p-value	0.1437	0.2366	0.01625	0.4893	0.0216	0.1169

DST= Datos sin transformar DT= Datos transformados

Anexo 9. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable efectividad de los acaricidas tomando en consideración el número de varroas caídas por tratamiento, y el número total de varroas caídas por tratamiento de shock químico.

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas		Caída de varroa 45 días		Caída de varroa por shock		Efectividad
		DST	DT	DST	DT	DST
Bartlett test of homogeneity of variances	K-squared	9.6921	4.8317	14.43	6.158	5.0561
	df	4	4	4	4	4
	p-value	0.04595	0.305	0.006042	0.1877	0.2011
Shapiro-Wilk normality test	W	0.82473	0.9916	0.92752	0.88785	0.93271
	p-value	0.00207	0.9994	0.1383	0.08456	0.1741

Anexo 10. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable caída acumulativa de varroa, según períodos de tiempo a la evaluación

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas		A las 24 horas		A las 48 horas		A las 72 horas		A los 7 días	
		DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT
Bartlett test of homogeneity of variances	K-squared	36.966	3.8583	26.751	1.0336	21.65	0.76969	17.8547	0.8909
	df	4	4	4	4	4	4	4	4
	p-value	1.83E-07	0.4255	2.23E-05	0.9047	0.0002353	0.9425	0.001317	0.9259
Shapiro-Wilk normality test	W	0.54741	0.93556	0.58855	0.95054	0.63149	0.94034	0.655	0.9369
	p-value	8.80E-07	0.1975	2.25E-06	0.3754	6.36E-06	0.2434	1.16E-05	0.2091

<<Continuación>>

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas		A los 15 días		A los 30 días		A los 45 días	
		DST	DT	DST	DT	DST	DT
Bartlett test of homogeneity of variances	K-squared	14.544	2.3527	11.43	4.4752	9.6921	4.8317
	df	4	4	4	4	4	4
	p-value	0.005746	0.6712	0.02214	0.3455	0.04595	0.305
Shapiro-Wilk normality test	W	0.71436	0.9628	0.79054	0.98498	0.82473	0.9916
	p-value	5.86E-05	0.6012	0.0006264	0.9814	0.00207	0.9994

Anexo 11. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la variable efectos colaterales: número de panales de cría, número de abejas por colmena y panales de reserva.

Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas		Panales de cría		Abejas por colmena		Panales de reserva	
		DST	DT	DST	DT	DST	DT
Bartlett test of homogeneity of variances	K-squared	Inf	Inf	1.7269	3.6226	Inf	Inf
	df	4	4	4	4	4	4
	p-value	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0.7858	0.4595	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Shapiro-Wilk normality test	W	0.78079	0.68102	0.89967	0.91126	0.85723	0.83176
	p-value	0.000453	2.31E-05	0.04065	0.08236	0.007063	0.002677

Anexo 12. Transformación de datos que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

Trt.	Infestación inicial		Infestación final		Efectividad		Varroa caída por tratamiento		Shock químico	
	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT
Ácido oxálico	3.29	10.4558	0.55	4.2451	83.36	65.9275	479	2.6803	144	2.1584
Ácido oxálico	3.56	10.8794	1.52	7.0795	57.36	49.2323	829	2.9186	882	2.9455
Ácido oxálico	4.84	12.7073	1.55	7.1435	68.04	55.5754	2611	3.4168	874	2.9415
Ácido oxálico	5.21	13.2004	3.00	9.9742	42.47	40.6695	3474	3.5408	1336	3.1258
Amitraz	3.76	11.1800	2.00	8.1301	46.80	43.1653	1109	3.0449	1351	3.1307
Amitraz	3.16	10.2361	0.94	5.5651	70.22	56.9264	836	2.9222	628	2.7980
Amitraz	3.27	10.4123	1.32	6.5868	59.72	50.6029	1427	3.1544	884	2.9465
Amitraz	5.25	13.2449	2.93	9.8603	44.13	41.6318	3691	3.5671	1691	3.2281
Cumafós	5.93	14.0999	0.00	0.0000	100.00	90.0000	4414	3.6448	47	1.6721
Cumafós	3.41	10.6400	0.27	2.9640	92.16	73.7365	1911	3.2813	63	1.7993
Cumafós	3.67	11.0395	0.31	3.1847	91.58	73.1343	1543	3.1884	50	1.6990
Cumafós	5.77	13.9041	0.25	2.8660	95.67	77.9904	7498	3.8749	131	2.1173
Testigo	4.11	11.7024	3.93	11.4380	4.41	12.1195	1001	3.0004	762	2.8820
Testigo	4.25	11.8971	4.24	11.8887	0.14	2.1476	1851	3.2674	1267	3.1028
Testigo	4.55	12.3100	2.00	8.1301	56.00	48.4461	1600	3.2041	749	2.8745
Testigo	3.90	11.3957	3.82	11.2762	2.06	8.2496	658	2.8182	741	2.8698
Timol	3.16	10.2470	0.56	4.3107	82.15	65.0056	2048	3.3113	255	2.4065
Timol	3.94	11.4445	1.02	5.7976	74.08	59.3960	2612	3.4170	464	2.6665
Timol	4.46	12.1946	0.27	2.9760	93.96	75.7719	1742	3.2410	248	2.3945
Timol	4.38	12.0734	0.50	4.0599	88.54	70.2154	2815	3.4495	411	2.6138

<<Continuación>>

Tratamientos	CAV alas 24 horas		CAV alas 48 horas		CAV alas 72 horas		CAV a los 7 días		CAV a los 15 días		CAV a los 30 días		CAV a los 45 días	
	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT	DST	DT
Ácido oxálico	5	0.6990	32	1.5051	89	1.9494	158	2.1987	241	2.3820	386	2.5866	479	2.6803
Ácido oxálico	14	1.1461	46	1.6628	103	2.0128	188	2.2742	298	2.4742	615	2.7889	829	2.9186
Ácido oxálico	47	1.6721	131	2.1173	279	2.4456	589	2.7701	1016	3.0069	1878	3.2737	2611	3.4168
Ácido oxálico	52	1.7160	166	2.2201	341	2.5328	661	2.8202	1357	3.1326	2731	3.4363	3474	3.5408
Amitraz	22	1.3424	74	1.8692	143	2.1553	305	2.4843	509	2.7067	897	2.9528	1109	3.0449
Amitraz	16	1.2041	40	1.6021	72	1.8573	167	2.2227	309	2.4900	579	2.7627	836	2.9222
Amitraz	55	1.7404	153	2.1847	231	2.3636	484	2.6848	716	2.8549	1173	3.0693	1427	3.1544
Amitraz	201	2.3032	298	2.4742	472	2.6739	925	2.9661	1597	3.2033	2943	3.4688	3691	3.5671
Cumafós	1002	3.0009	1855	3.2683	2914	3.4645	3716	3.5701	3958	3.5975	4261	3.6295	4414	3.6448
Cumafós	259	2.4133	382	2.5821	480	2.6812	730	2.8633	1059	3.0249	1504	3.1772	1911	3.2813
Cumafós	232	2.3655	344	2.5366	498	2.6972	766	2.8842	1009	3.0039	1334	3.1252	1543	3.1884
Cumafós	894	2.9513	1406	3.1480	2321	3.3657	4194	3.6226	5602	3.7483	7018	3.8462	7498	3.8749
Testigo	17	1.2304	80	1.9031	149	2.1732	307	2.4871	474	2.6758	766	2.8842	1001	3.0004
Testigo	26	1.4150	120	2.0792	278	2.4440	556	2.7451	818	2.9128	1387	3.1421	1851	3.2674
Testigo	40	1.6021	128	2.1072	288	2.4594	578	2.7619	796	2.9009	1272	3.1045	1600	3.2041
Testigo	22	1.3424	44	1.6435	79	1.8976	181	2.2577	280	2.4472	487	2.6875	658	2.8182
Timol	46	1.6628	300	2.4771	641	2.8069	1139	3.0565	1539	3.1872	1943	3.2885	2048	3.3113
Timol	68	1.8325	182	2.2601	334	2.5237	742	2.8704	1312	3.1179	2262	3.3545	2612	3.4170
Timol	20	1.3010	87	1.9395	167	2.2227	430	2.6335	900	2.9542	1524	3.1830	1742	3.2410
Timol	79	1.8976	441	2.6444	1424	3.1535	2033	3.3081	2304	3.3625	2673	3.4270	2815	3.4495

CAV= caída acumulativa de varroa, DST= Datos sin transformar, DT= Datos transformados

<<Continuación>>

Tratamientos	Panales de cría		Abejas por colmena		Panales de reserva	
	DST	DT	DST	DT	DST	DT
Ácido oxálico	33.33	35.2644	75.00	60.0000	50.00	45.0000
Ácido oxálico	33.33	35.2644	62.50	52.2388	25.00	30.0000
Ácido oxálico	16.67	24.0948	62.50	52.2388	50.00	45.0000
Ácido oxálico	50.00	45.0000	50.00	45.0000	0.00	0.0000
Amitraz	33.33	35.2644	50.00	45.0000	25.00	30.0000
Amitraz	33.33	35.2644	62.50	52.2388	25.00	30.0000
Amitraz	33.33	35.2644	62.50	52.2388	25.00	30.0000
Amitraz	50.00	45.0000	50.00	45.0000	0.00	0.0000
Cumafós	50.00	45.0000	100.00	90.0000	75.00	60.0000
Cumafós	50.00	45.0000	100.00	90.0000	75.00	60.0000
Cumafós	50.00	45.0000	87.50	69.2952	50.00	45.0000
Cumafós	66.67	54.7356	100.00	90.0000	75.00	60.0000
Testigo	33.33	35.2644	50.00	45.0000	0.00	0.0000
Testigo	33.33	35.2644	25.00	30.0000	0.00	0.0000
Testigo	33.33	35.2644	37.50	37.7612	0.00	0.0000
Testigo	33.33	35.2644	50.00	45.0000	0.00	0.0000
Timol	100.00	90.0000	100.00	90.0000	50.00	45.0000
Timol	50.00	45.0000	100.00	90.0000	75.00	60.0000
Timol	50.00	45.0000	87.50	69.2952	50.00	45.0000
Timol	50.00	45.0000	87.50	69.2952	50.00	45.0000

Anexo 13. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable efectividad de los acaricidas según la diferencia entre los porcentajes de infestación inicial y la infestación final en abejas adultas. Los análisis de datos de variables transformadas llevan (DT)

Variable dependiente: Infestación inicial

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	1.62908000	0.40727000	0.50	0.7333

Variable dependiente: Infestación inicial (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	3.01399587	0.75349897	0.47	0.7570

Variable dependiente: Infestación final

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	26.37498000	6.59374500	11.26	0.0002

Variable dependiente: Infestación final (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	167.0209656	41.7552414	13.43	<.0001

Variable dependiente: Efectividad

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	15145.85460	3786.46365	15.04	<.0001

Variable dependiente: Efectividad (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	8567.020008	2141.755002	15.09	<.0001

Prueba del rango múltiple de Duncan para Infestación inicial

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	4.6950	4	CU
A	4.2250	4	AO
A	4.2025	4	TE
A	3.9850	4	TI
A	3.8600	4	AM

AO= ácido oxálico, AM=amitraz, CU=cumafós, TE=testigo, TI=timol

Prueba del rango múltiple de Duncan para Infestación inicial (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	12.4197	4	CU
A	11.8250	4	TE
A	11.8074	4	AO
A	11.4902	4	TI
A	11.2711	4	AM

Prueba del rango múltiple de Duncan para Infestación final

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	3.4975	4	TE
B	1.7975	4	AM
C B	1.6550	4	AO
C D	0.5875	4	TI
D	0.2075	4	CU

Prueba del rango múltiple de Duncan para Intestación final (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	10.680	4	TE
B	7.537	4	AM
B	7.115	4	AO
C	4.280	4	TI
C	2.259	4	CU

Prueba del rango múltiple de Duncan para Efectividad

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	94.85	4	CU
B A	84.68	4	TI
B C	62.81	4	AO
C	55.22	4	AM
D	15.65	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para Efectividad (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	78.715	4	CU
B A	67.597	4	TI
B C	52.850	4	AO
C	48.081	4	AM
D	17.741	4	TE

Anexo 14. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable efectividad de los acaricidas tomando en consideración el número de varroas caídas por tratamiento (45 días), y el número total de varroas caídas por tratamiento de shock químico. Los análisis de datos de variables transformadas llevan (DT)

Variable dependiente: Caída de varroa por tratamientos

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	15473680.70	3868420.17	1.63	0.0218

Variable dependiente: Caída de varroa por tratamientos (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	0.48777808	0.12194452	1.53	0.0242

Variable dependiente: Shock químico

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	2972960.300	743240.075	6.77	0.0025

Variable dependiente: Shock químico (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	3.75556441	0.93889110	15.79	<.0001

Variable dependiente: Efectividad

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TR	4	5136.846730	1284.211682	18.21	<.0001

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa por tratamientos

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	3842	4	CU
B A	2304	4	TI
B A	1848	4	AO
B A	1766	4	AM
B	1278	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa por tratamientos (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	3.4974	4	CU
B A	3.3547	4	TI
B A	3.1722	4	AM
B A	3.1391	4	AO
A	3.0725	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para Shock químico

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	1138.5	4	AM
A	879.8	4	TE
B A	809.0	4	AO
B C	344.5	4	TI
C	72.8	4	CU

Prueba del rango múltiple de Duncan para Shock químico (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	3.0258	4	AM
A	2.9323	4	TE
B A	2.7928	4	AO
B C	2.5203	4	TI
C	1.8219	4	CU

Prueba del rango múltiple de Duncan para efectividad

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	trt
A	97.72	4	CU
A	87.16	4	TI
B	68.12	4	AO
B	58.12	4	AM

Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable: caída acumulativa de varroa, según períodos de tiempo a la evaluación. Los análisis de datos de variables transformadas llevan (DT)

Variable dependiente: caída de varroa a las 24 horas

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	977846.3000	244461.5750	6.97	0.0022

Variable dependiente: caída de varroa a las 24 horas (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	4.82169543	1.20542386	8.78	0.0007

Variable dependiente: caída de varroa a las 48 horas

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	2388451.700	597112.925	4.88	0.0101

Variable dependiente: caída de varroa a las 48 horas (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	2.75125285	0.68781321	6.32	0.0035

Variable dependiente: caída de varroa a las 72 horas

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	5441666.800	1360416.700	3.51	0.0325

Variable dependiente: caída de varroa a las 72 horas (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	2.11286867	0.52821717	4.32	0.0161

Variable dependiente: caída de varroa a los 7 días

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	11250618.20	2812654.55	3.38	0.0369

Variable dependiente: caída de varroa a los 7 días (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	1.58054146	0.39513536	3.82	0.0247

Variable dependiente: caída de varroa a los 15 días

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	14896092.70	3724023.18	3.02	0.0518

Variable dependiente: caída de varroa a los 15 días (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	1.20940939	0.30235235	3.31	0.0393

Variable dependiente: caída de varroa a los 30 días

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	16170265.80	4042566.45	2.03	0.1417

Variable dependiente: caída de varroa a los 30 días (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	0.70074187	0.17518547	2.05	0.1385

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a las 24 horas

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.Duncan

Agrupamiento	Mean	N	trt
A	596.8	4	CU
B	73.5	4	AM
B	53.3	4	TI
B	29.5	4	AO
B	26.3	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a las 24 horas (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	2.6828	4	CU
B	1.6735	4	TI
B	1.6475	4	AM
B	1.3975	4	TE
B	1.3083	4	AO

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a las 48 horas

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	996.8	4	CU
B	252.5	4	TI
B	141.3	4	AM
B	93.8	4	AO
B	93.0	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a las 48 horas (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	2.8837	4	CU
B	2.3303	4	TI
B	2.0325	4	AM
B	1.9332	4	TE
B	1.8763	4	AO

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a las 72 horas

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	1553.3	4	CU
B A	641.5	4	TI
B	229.5	4	AM
B	203.0	4	AO
B	198.5	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a las 72 horas (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	3.0522	4	CU
B A	2.6767	4	TI
B	2.2626	4	AM
B	2.2436	4	TE
B	2.2351	4	AO

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a los 7 días

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	2351.5	4	CU
B A	1086.0	4	TI
B	470.3	4	AM
B	405.5	4	TE
B	399.0	4	AO

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a los 7 días (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	3.2351	4	CU
B A	2.9671	4	TI
B	2.5895	4	AM
B	2.5630	4	TE
B	2.5158	4	AO

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a los 15 días

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	2907.0	4	CU
B A	1513.8	4	TI
B	782.8	4	AM
B	728.0	4	AO
B	592.0	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a los 15 días (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Mean	N	trt
A	3.3437	4	CU
B A	3.1555	4	TI
B	2.8137	4	AM
B	2.7489	4	AO

B 2.7342 4 TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a los 30 días

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Mean	N	trt
	A	3529.3	4	CU
B	A	2100.5	4	TI
B	A	1402.5	4	AO
B		1398.0	4	AM
B		978.0	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para caída de varroa a los 30 días (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Mean	N	trt
	A	3.4445	4	CU
B	A	3.3132	4	TI
B	A	3.0634	4	AM
B		3.0214	4	AO
B		2.9546	4	TE

Anexo 16. Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para la variable número de abejas por colmena. Los análisis de datos de variables transformadas llevan (DT)

Variable dependiente: número de abejas por colmena

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	9580.700000	2395.175000	30.96	<.0001

Variable dependiente: número de abejas por colmena (DT)

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	4	6405.300000	1601.325000	22.11	<.0001

Prueba del rango múltiple de Duncan para número de abejas por colmena

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Mean	N	trt
	A	97.000	4	CU
	A	94.000	4	TI
	B	62.750	4	AO
	B	56.500	4	AM
	C	40.750	4	TE

Prueba del rango múltiple de Duncan para número de abejas por colmena (DT)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Mean	N	trt
	A	84.750	4	CU
	A	79.500	4	TI
	B	52.250	4	AO
	B	48.500	4	AM
	B	39.500	4	TE

Anexo 17. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable número de panales de cría y panales de reserva.

```
> kruskal.test(cria ~ trt, data=crias)

Kruskal-Wallis rank sum test

data:  cria by trt
Kruskal-Wallis chi-squared = 12.714, df = 4, p-value = 0.01276
```

```
$parameters
  Df ntr t.value alpha      test      name.t
  4   5 2.13145  0.05 Kruskal-Wallis crias$trt
```

```
$means
  rank crias.cria      std r Min Max
AM  8.125      37.25  8.50000 4  33  50
AO  6.875      33.25 13.47529 4  17  50
CU 15.625      54.25  8.50000 4  50  67
TE  6.000      33.00  0.00000 4  33  33
TI 15.875      62.50 25.00000 4  50 100
```

\$groups			
	trt	means	M
1	TI	15.875	a
2	CU	15.625	a
3	AM	8.125	b
4	AO	6.875	b
5	TE	6.000	b

```
> kruskal.test(reserva ~ trat, data=reservas)

Kruskal-Wallis rank sum test

data:  reserva by trat
Kruskal-Wallis chi-squared = 15.169, df = 4, p-value = 0.004363
```

```
$parameters
  Df ntr t.value alpha      test      name.t
  4   5 2.13145  0.05 Kruskal-Wallis reservas$trat
```

```
$means
  rank reservas.reserva      std r Min Max
AM  7.25      18.75 12.50000 4   0  25
AO  9.75      31.25 23.93568 4   0  50
CU 17.25      68.75 12.50000 4  50  75
TE  3.50       0.00  0.00000 4   0   0
TI 14.75      56.25 12.50000 4  50  75
```

\$groups			
	trt	means	M
1	CU	17.25	a
2	TI	14.75	a
3	AO	9.75	b
4	AM	7.25	bc
5	TE	3.50	c