

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Eficacia de tres Formulaciones Artesanales a base de Ácido Oxálico para el Control de *Varroa destructor* en *Apis mellifera*, en Ambiente de Bosque Húmedo.”



Trabajo de Grado presentado por:

Ixell Dominic Minaya Mateo 14-1860

Ivanna Pérez González 14-2025

Para la Obtención del grado de Doctor en Medicina Veterinaria

Asesorado por:

M.V. Niyra Castillo Ramírez, Msc.

Ing. Agron. Martín Canals

Santo Domingo, D.N., República Dominicana

Febrero, 2022

Sustentantes:

Ixell Dominic Minaya Mateo

Ivanna Pérez González

Asesores:

M.V. Niyra Castillo Ramírez, Msc.

Ing. Agron. Martín Canals

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

A quienes tienen grandes sueños y van detrás de ellos.

A todos los estudiantes y profesionales de la Medicina Veterinaria que buscan brindar lo mejor de sí mismos cada día.

A mis mentores, maestros, amigos y familiares, quienes desde el primer día me acompañaron en esta aventura.

A Emma y Juliette, quienes me han enseñado lo bondadoso y fiel que puede llegar a ser un animal.

A todos los animalitos que han estado presente a lo largo de mi vida llenando mis días de color y alegría son el motor de esta hermosa labor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar esta meta tan añorada.

A mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi madre, por confiar en mis capacidades y siempre estar en mis momentos de éxito y aquellos difíciles.

A mis mejores amigos, Wellington, Flor, Genesis, Lilian, Andrea, Gabriel y José, siempre presentes en cada momento, apoyando mis pasos y dando todo su cariño en cada etapa.

Agradezco al equipo que nos colaboró en todo el proceso experimental, siempre dispuestos, brindándonos su ayuda y contagiándonos de su energía positiva.

A la Universidad Nacional Pedro Henriquez Ureña por ser el lugar donde recibí tantas enseñanzas y conocí personas que han llenado mi corazón, se han ganado mi admiración y respeto.

Agradezco a esos grandes maestros por su entrega, calidad humana, paciencia y ser guía. En especial al Dr. Victor Caamaño por las oportunidades que me ha brindado. A los doctores, Facundo, Hiro, Lizardo, Santiago y Abbiel por ser el corazón de la carrera y ganarse toda mi admiración.

A mis asesores, Niyra y Martin por contribuir con este logro que nos ha abierto camino a grandes oportunidades.

A mi amiga y compañera de tesis Ivanna, por vivir todo este proceso a mi lado, levantándonos juntas ante cada adversidad, riendo y disfrutando.

A Mi mejor amiga, Josefín, por estar presente y creer en mí en todo momento. Gracias por tu cariño y comprensión.

Ixell Dominic Minaya Mateo

DEDICATORIA

A mis padres Eufemio Pérez y Rebeca González quienes me brindaron siempre su apoyo incondicional en cada etapa de esta carrera, me impulsaron a dar lo mejor de mí, siendo unos padres ejemplares que con mucho amor me enseñaron el valor del trabajo y la honestidad.

A mis hermanos Vanessa e Iván, porque siempre pude contar con ellos para lo que necesité y me brindaron todo su amor.

A todos mis familiares y amigos que estuvieron presentes y me ayudaron durante mi desarrollo universitario.

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios por guiarme por el camino correcto y darme la oportunidad de materializar un sueño por el que trabajé.

A mis primas Lorena y Lorelis Frías que se convirtieron en mis hermanas y siempre pude contar con ellas.

A mi compañera y amiga Ixell quien estuvo conmigo en todo el camino, con la cual compartí tantos momentos que siempre atesorare.

A mis maestros quienes compartieron conmigo sus conocimientos y experiencias para mi desarrollo como profesional.

A todos los colaboradores de este trabajo de grado que hicieron posible su entrega.

A nuestros asesores Niyra Y Martín quienes nos brindaron su ayuda en este proyecto tan importante.

A Adrián con quien pude contar en las etapas finales de realización de mi trabajo de grado y me brindó las fuerzas para culminar.

A todas las personas que en alguna etapa de mi carrera me dieron ese impulso que necesitaba.

Ivanna Pérez González

Índice

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES	11
1.1 Introducción.	11
1.2. Objetivos.	12
1.2.1. Objetivo General.	12
1.2.2. Objetivos Específicos.	12
CAPÍTULO II REVISIÓN LITERARIA	14
2.1. Antecedentes.	14
2.2. Revisión Literaria.	15
2.2.1. La Abeja Melífera:	15
2.2.2. Taxonomía de las Abejas.	15
2.2.3. Integrantes de la Colmena y Ciclo Biológico.	16
2.2.4. Varroa:	17
2.2.5. Taxonomía de la Varroa.	17
2.2.6. Ciclo Biológico de la Varroa.	17
2.2.7. Varroosis.	19
2.2.8. Ácido Oxálico.	21
2.2.9. Otros Tratamientos.	23
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación del Experimento.	25
3.2. Tipo de Investigación.	25
3.3. Duración del Experimento.	25
3.4. Descripción del apiario.	25
3.5. Materiales y Equipos:	25
3.5.1. Materiales Biológicos:	25
3.5.2. Materiales de Campo:	26
3.5.3. Materiales de Laboratorio:	26
3.6. Diseño Experimental.	27
3.7. Descripción de Variables.	28
3.7.1. Estimación de la Población de Abejas Adultas Expresado en Cuadros Cubiertos con Abejas.	28

3.7.3. Prevalencia de Varroa en Abejas Adultas.	29
3.7.4. Prevalencia de Varroa en Cría.	29
3.7.5. Conteo de Varroas Caídas por cada Tratamiento.	29
3.7.6. Eficacia de los Tratamientos.	30
3.7.7. Costo Marginal de cada Tratamiento.	30
3.8. Manejo del Estudio.	30
3.9. Recolección de Datos.	31
3.10. Procedimientos Estadísticos para el Análisis de los Resultados.	31
CAPÍTULO IV RESULTADOS	34
4.1 Análisis de Resultados.	34
4.1.1 Estimación de la Población de Abejas Adultas y Crías.	34
4.1.2 Prevalencia de Varroa en Abejas Adultas y Cría.	36
4.1.3 Conteo de Varroas Caídas.	38
4.1.4 Eficacia del Ácido Oxálico.	41
4.1.5 Costo Marginal del Tratamiento.	41
CAPÍTULO V DISCUSIÓN	44
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
6.1. Conclusiones	48
6.2. Recomendaciones	48
Referencias Bibliográficas	49
Anexos	51
Figuras	51
Tablas	63
Formularios	65

Índice de tablas

Tabla 1. Calendario del ensayo.	63
Tabla 2. Comportamiento de las medias de la población de crías durante las tres etapas del estudio, por cada uno de los tratamientos.	35
Tabla 3. Comportamiento de las medias de la población de abejas adultas durante las tres etapas del estudio, por cada uno de los tratamientos.	36
Tabla 4. Comportamiento de los valores de media de infestación en las abejas adultas, por cada uno de los tratamientos.	37
Tabla 5. Comportamiento de los valores de media de infestación en las crías, por cada uno de los tratamientos.	38
Tabla 6. Comportamiento de la caída de Varroas en cada una de las semanas del estudio por efecto de los tratamientos orgánicos.	39
Tabla 7. Comportamiento de la caída de Varroas en cada una de las semanas del estudio por efecto del shock químico.	40
Tabla 8. Cálculo de los costos marginales por tratamientos.	64

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo biológico de la abeja reina.	51
Figura 2. Ciclo biológico de la abeja obrera.	51
Figura 3. Ciclo biológico del zángano.	52
Figura 4. Dimorfismo de la Varroa, la hembra es de mayor tamaño que el macho.	52
Figura 5. Ubicación geográfica del Apiario demostrativo del Centro de Producción Animal del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).	53
Figura 6. Colmena Langstroth.	53
Figura 7. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) aplicada a las variables del estudio.	54
Figura 8. Resultados de la prueba Kruskal Wallis en las poblaciones de crías y abejas adultas.	54
Figura 9. Comportamiento de las medias en la caída de Varroas por tratamiento en la semana 3.	55
Figura 10. Preparación del tratamiento ácido oxálico en toallitas	55
Figura 11. Preparación del tratamiento ácido oxálico en jarabe de azúcar	56
Figura 12. Preparación del tratamiento ácido oxálico en tablillas de cartón	56

Figura 13. Colocación de las bandejas con vaselina para conteo de Varroas caídas.	57
Figura 14. Aplicación del tratamiento ácido oxálico en toallitas.	57
Figura 15. Aplicación del tratamiento ácido oxálico en jarabe de azúcar.	58
Figura 16. Aplicación del tratamiento ácido oxálico en tablillas de cartón.	58
Figura 17. Registro de la información durante el desarrollo del estudio en la fase de campo.	59
Figura 18. Toma de muestra de abejas vivas para determinación de prevalencia de Varroa en abejas adultas.	59
Figura 19. Desoperculado de celdas de cría para determinación de prevalencia de Varroa en crías.	60
Figura 20. Preparación de frascos para toma de muestras de abejas vivas.	60
Figura 21. Colado de las abejas por un cedazo.	61
Figura 22. Contabilización de Varroas para determinar prevalencia en abejas adultas.	61
Figura 23. Conteo de Varroa caída por efecto de los tratamientos	62
Figura 24. Aplicación del shock químico.	62

PRIMERA PARTE
ASPECTOS GENERALES

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción.

La apicultura es una rama de la zootecnia que representa una gran fuente de riqueza por los múltiples beneficios que se pueden obtener a través de la explotación artesanal o industrial. Además de proporcionarnos miel como producto principal, con la apicultura también se puede producir polen, cera, jalea real, propóleo y veneno de abejas (SALAS, 2000) y se pueden obtener ingresos adicionales en la venta de núcleos, colmenas, reinas y alquiler de colmenas para polinización.

La apicultura en la República Dominicana es una de las actividades económicas factibles a desarrollarse en la mayor parte del territorio nacional ya que este posee microclimas con gran potencial apícola con los que se puede lograr un posicionamiento de primer orden en los mercados mundiales. Esta actividad genera productos con mercado local e internacional asegurado, que se exportan a Estados Unidos, Puerto Rico y otras islas del Caribe.

Las abejas son atacadas por diferentes tipos de patógenos en todos sus estados de vida. Generalmente las enfermedades se presentan con mayor incidencia en temporadas de escasez de alimentos o cuando las colmenas están muy débiles y también se pueden enfermar por consumir alimentos o agua contaminada.

Se han implementado alternativas para el control de las enfermedades que afectan a las abejas como el uso de acaricidas de origen natural u orgánico, entre ellos está el ácido oxálico que se encuentra presente en forma natural en muchas formas de vida, incluyendo al hombre, y es consumido en la dieta regular. La miel también contiene ácido oxálico. (Nanetti, 2007). Este es una alternativa a productos de origen químico como coumaphos, amitraz, flumetrina, entre otros, a los cuales el ácaro ha mostrado resistencia debido a su uso indiscriminado.

Los resultados de esta investigación que fue realizada en el apiario del Centro de Producción Animal ubicado en Pedro Brand del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), pudieron determinar la variación de la población de abejas y de Varroa

en la colmena durante los tratamientos y a su vez, la eficacia de los mismos a base de ácido oxálico disponibles en el país.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Evaluar tres formulaciones artesanales a base de ácido oxálico para el control de *Varroa destructor* en *Apis mellifera*, en ambiente de bosque húmedo de la República Dominicana.

1.2.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar el efecto de los tratamientos en la población de abejas adultas y cría en la colmena.
2. Determinar la caída de Varroa (Varroa en pisos) por efectos de los tratamientos.
3. Evaluar la eficacia de los tratamientos a base de ácido oxálico.
4. Determinar el costo marginal de cada tratamiento.

SEGUNDA PARTE
REVISIÓN LITERARIA

CAPÍTULO II REVISIÓN LITERARIA

2.1. Antecedentes.

Un estudio realizado por (Barbero, Panella y Bonizzoni, 1997) sostiene que el uso del ácido oxálico no se ha popularizado más que entre un núcleo restringido de apicultores, a pesar que el tratamiento garantiza una alta eficacia (90-95%), es de fácil adquisición en el mercado y su costo es reducido. La dificultad de aplicación ha sido básicamente el factor que ha frenado su uso.

(Vandame, 2000) expresa que, utilizando dos formas de aplicación, 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. Con este tipo de tratamiento se asegura eliminar cerca de 99% de la población de Varroa.

Según Higes (2000) El ácido oxálico presenta mediante nebulización con cuatro tratamientos cada 7 días, una eficacia del 94% en otoño y del 73% en primavera. Si el mecanismo de aplicación es por gota gruesa, las eficacias disminuyen notablemente (en primavera descienden al 37% y en otoño al 52%). Los ácidos grasos poseen un comportamiento muy diverso con mecanismos de aplicación laboriosos en general para el apicultor medio, pero con eficacias regulares que pueden ser aconsejables en determinadas circunstancias (cuando el volumen de colmenas es pequeño).

Por otro lado, se realizó un estudio en las instalaciones del apiario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, durante julio y agosto del año 2000. Se seleccionaron 12 colonias de *A. mellifera* infectadas con *V. destructor*. Las colonias recibieron un tratamiento con 1,25 g ácido oxálico en 25 ml de solución azucarada (dos partes de azúcar por una de agua). Esta solución acaricida fue aplicada sobre los cabezales de los marcos de la colmena, realizándose un total de tres aplicaciones con intervalo de cuatro días. El testigo no recibió aplicación alguna. El ácido oxálico fue medianamente eficaz en el control de la *Varroa destructor*. Según los autores esto se debió principalmente a dos factores, primero el rechazo de las abejas a la solución acaricida, siendo apenas consumida parcialmente, afectando así la

eficacia del producto que por ser de acción sistémica necesita ser ingerido por la abeja para causar la muerte del parásito; y en segundo lugar la alta población de cría operculada durante el tratamiento, lo que posibilitó la supervivencia de los ácaros localizados al interior de las celdas.

Otro estudio que utilizamos como marco de referencia fue elaborado por Castillo, N. González, W. y Vásquez, H. (2005). “Evaluación de tres acaricidas orgánicos para el control de la varroosis en República Dominicana”. Este fue artesanal con jarabe por goteo obteniendo una eficacia media de 54.41% en el apiario ubicado en Villa Mella, Santo Domingo Norte.

(Castillo y Uribe, 2010) aseguran que la Varroosis en República Dominicana fue diagnosticada en agosto de 1995, encontrándose distribuida por toda la geografía nacional y estiman que entre 1995 y 1998 produjo la muerte de más del 50% de las colonias de abejas, convirtiéndose en el principal problema sanitario presente en los apiarios de la República Dominicana.

2.2. Revisión Literaria.

2.2.1. La Abeja Melífera:

Las abejas melíferas son insectos que miden alrededor de quince milímetros de largo y forman colonias compuestas por una única hembra fecundada (Reina), varias hembras estériles (obreras) y una gran cantidad de machos (zánganos). Estas diminutas criaturas, por lo general, viven en los huecos de los árboles o en las colmenas construidas por el ser humano (Alcántara, R. y Ureña, L. 2018).

2.2.2. Taxonomía de las Abejas.

Reino: Animal.

Subreino: Metazooarios.

División: Artizoarios.

Rama: Artrópodos.

Clase: Insectos o hexápodos.

Orden: Himenópteros.

Familia: Ápidos.

Género: *Apis*.

Especie: *Mellifera o Mellifica* (L).

Nombre Científico: *Apis Mellifera o Mellifica* (L)
(Mendizabal, 2005).

2.2.3. Integrantes de la Colmena y Ciclo Biológico.

La colonia es una unidad bien organizada, conviven en ella tres tipos diferentes de abejas: la reina, obreras y zánganos. La abeja pasa de huevo a adulto sufriendo una serie de cambios que determinan cuatro etapas en su vida:

- Etapa de huevo
- Etapa de larva
- Etapa de pupa
- Etapa de adulto

La duración de cada etapa será diferente según se trate de un huevo que será reina, obrera o zángano. Así, una reina alcanzará su estado adulto a los 16 días, una obrera a los 21 días y un zángano a los 24 días desde la postura del huevo.

La etapa de huevo a larva tiene una duración de 3 días y la etapa de larva a pupa 8-9 días en hembras y 10 días en machos.

Los zánganos son los únicos individuos machos de la colonia. Se originan a partir de huevos no fertilizados (óvulos no fecundados), colocados en celdas de mayor tamaño que el resto.

Todas las hembras (reinas y obreras), se originan a partir de huevos fertilizados (óvulos de la reina fecundados por esperma de machos) pero:

- Los huevos que originarán obreras serán puestos en celdas más pequeñas y serán alimentadas de una manera especial.

- Los huevos que originarán reinas serán puestos en celdas colgantes de mayor tamaño, especialmente hechas para la ocasión y que no vuelven a usarse y también reciben una alimentación especial diferente.

Todas las larvas tanto de reinas como de obreras son sobrealimentadas con jalea real en los primeros días. A partir de ese momento:

- Las obreras: reciben menor cantidad de jalea real, se incluye polen y miel en su dieta.
- La reina: siguen sobrealimentadas solamente con jalea real hasta la operculación de la celda. (ver anexo Figura 1, 2 y 3)

2.2.4. Varroa:

La varroa es un ácaro que vive como parásito en los cuerpos de las abejas, causándoles heridas que las van debilitando y dejándolas susceptibles de contraer otras enfermedades.

2.2.5. Taxonomía de la Varroa.

Reino: Animalia.

Phylum: Arthropoda.

Clase: Arachnida.

Subclase: Acari.

Orden: Mesostigmata.

Superorden: Parasitiformes.

Familia: Varroidae.

Género: *Varroa*.

Especie: *Varroa destructor* (Anderson

Trueman) (Reyes, 2016).

2.2.6. Ciclo Biológico de la Varroa.

El ciclo biológico de *Varroa destructor* comprende dos fases, la fase forética y la reproductiva. La fase forética es la etapa durante la cual las hembras adultas de varroa se encuentran parasitando a las abejas adultas, utilizándolas como medio de transporte y diseminación, la fase reproductiva ocurre dentro de las celdas donde se desarrollan las crías de obreras y zánganos.

El ciclo de Varroa comienza a partir de los ácaros que parasitan abejas adultas. El estrecho contacto entre las abejas permite que el ácaro infeste abejas nodrizas, que, al alimentar a las larvas, propician la entrada de ácaros hembras a las celdas poco tiempo antes de que sean operculadas (15 a 30 horas antes en las celdas de obreras y 40-80 horas antes en celdas de zánganos). Una vez que penetra a la celda, el ácaro se sumerge en el alimento larval al fondo de ésta, para protegerse de la acción de remoción de las abejas obreras.

Aproximadamente 60 horas después de que la celda es operculada el ácaro sube al cuerpo de la prepupa e inicia su postura en ella. En condiciones normales, del primer huevo se desarrolla un macho (que al igual que las abejas se desarrolla partenogénicamente, sin necesidad de que el huevo sea fertilizado) y de los subsecuentes eclosionan hembras. Una vez depositado el primer huevo, los siguientes son puestos a intervalos de aproximadamente 30 horas. En total, se generan un macho y tres a cuatro hembras en una cría de obreras, mientras que en una cría de zánganos (que son preferidas por los ácaros por tener un periodo de operculado más largo que el de las obreras), pueden generarse un macho y cinco a seis hembras, aunque no todos estos descendientes alcanzan la madurez reproductiva dentro del tiempo durante el cual la celda se mantiene operculada.

La viabilidad reproductiva de la progenie de Varroa depende de que los ácaros descendientes alcancen estadio adulto y logran aparearse. Por ello, entre más dure el tiempo de operculado de las celdas, más ácaros serán reproductivamente viables. En condiciones normales es factible que se desarrollen un macho adulto y hasta dos hembras reproductivamente viables dentro de una celda de obreras, mientras que en una celda con cría de zánganos (que dura tres días más operculadas) se podrían producir un macho y tres a cuatro hembras fecundas.

Durante su desarrollo, el ácaro pasa por varios estadios secuenciales que son los de huevo, protoninfa, deutoninfa y adulto. Durante las primeras horas de la etapa adulta ocurre el apareamiento de los ácaros. Las hembras de Varroa, al igual que las abejas reinas, poseen una espermateca para almacenar los espermatozoides del macho, células masculinas utilizadas para fertilizar huevos que darán lugar a hembras. Cuando las abejas alcanzan el estadio adulto emergen de las celdas junto con las hembras fecundas de Varroa; el macho y los estadios inmaduros quedan dentro de la celda y mueren poco tiempo después, o bien salen de la celda junto con la abeja, pero también mueren en poco tiempo. El macho muere de inanición debido

a que sus estructuras bucales le sirven como órgano copulador, por lo que no pueden usarlos para alimentarse.

Después de salir de las celdas las hembras fecundas del ácaro pueden inmediatamente infestar otras celdas o bien parasitan abejas adultas con las que pueden transportarse o infestar otras colonias. El ciclo completo (de huevo a adulto) dura aproximadamente seis a siete días. Una hembra de *Varroa* puede realizar uno y medio ciclos reproductivos en promedio en condiciones normales, pudiendo llegar a vivir de dos a ocho meses en el interior de la colmena (Consejo Nacional de Competitividad, 2015).

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 la 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 (Reyes, 2016). (ver anexo Figura 4).

2.2.7. Varroosis.

Existen numerosos ácaros que parasitan a los insectos y *Varroa destructor* es uno de ellos. Este ectoparásito obligado afecta a las abejas melíferas (*Apis mellifera*), siendo éste su huésped definitivo, produciendo una enfermedad conocida con el nombre de varroosis (Anderson & Trueman, 2000). El impacto de esta enfermedad depende del grado de infestación de las colonias de abejas. Así, por ejemplo, una baja cantidad de ácaros causan pequeños daños, mientras que un gran número, puede llegar a producir la eventual muerte de la colonia (Moretto et al., 1991).

El zoólogo holandés Oudemans publicó las primeras descripciones detalladas de *Varroa jacobsoni* como parásito de abejas *Apis cerana* al estudiar muestras de abejas procedentes de la isla de Java que fueron colectadas en 1904 por Jacobson (Consejo Nacional de Competitividad, 2015). La clasificación científica del ácaro se cambió a *Varroa destructor* cuando Anderson y Trueman en el año 2000, determinaron que el ácaro que afecta 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).

El daño que *Varroa destructor* causa a las abejas se debe a efectos físicos e infecciosos, ya que estos ácaros se alimentan de los cuerpos grasos y de la hemolinfa de la cría y de las abejas adultas, debilitándolas y también porque pueden ser transmisores de enfermedades. Debido a que *Varroa* se alimenta de la hemolinfa de las abejas, ocurre una disminución en el contenido proteico de ésta, lo que ocasiona una desnutrición en los insectos infectados. Una de las consecuencias más negativas de esta desnutrición es la reducción de las defensas celulares y humorales de las abejas, porque las hace más susceptibles a enfermarse de otros males (Ramsey et al., 2018).

La ingestión de cuerpos grasos y hemolinfa por parte de los ácaros provoca que las abejas emerjan con bajo peso y menor tamaño. En ocasiones, las abejas pueden emerger sin alas o con alas y patas deformadas, lo que reduce su tiempo de vida. Además de lo anterior, las infestaciones severas de *Varroa*, causan que la cantidad de tejido graso de las abejas adultas se reduzca, por lo que se incrementa su sensibilidad a ciertos plaguicidas (Guzmán et al., 2012 y Ramsey et al., 2018).

Durante el proceso de alimentación, los ácaros perforan la cutícula de las prepupas y pupas con sus quelíceros y pueden inocularse virus como los de la parálisis aguda, parálisis crónica, parálisis aguda israelí, Cachemira, alas deformes, y cría sacciforme. Los ácaros de *Varroa* también pueden ser portadores y transmitir esporas de hongos o de bacterias que afectan a las abejas adultas o sus crías, por lo que pueden transmitir enfermedades como las loques y la ascosferosis.

Es posible que la transmisión de estos patógenos sea la causa del colapso de muchas colonias, aun cuando tengan una baja población de ácaros. En términos generales, una abeja infectada vive la mitad del tiempo que una sana, por lo que cuando el número de abejas infectadas es alto, los daños ocasionados por la enfermedad son dramáticos. Las colonias debilitadas por infestaciones de *Varroa* son pilladas por abejas de colonias más fuertes, lo que constituye el principal mecanismo de dispersión del ácaro (Guzmán et al., 2012).

En caso de infestaciones severas, además de que los ácaros son más aparentes sobre el cuerpo de abejas adultas o dentro de celdas con cría operculada (particularmente las de zángano), las colonias disminuyen su población, pudiendo eventualmente llegar a morir. Las abejas parasitadas se ven inquietas, tratando de quitarse los ácaros de su cuerpo usando sus patas

(como si se rascarán), lo que se conoce como comportamiento de acicalamiento. En muchas ocasiones, restriega su cuerpo en las paredes de una celdilla, metiendo la cabeza y tórax en ésta. Algunas colonias, sobre todo las de abejas africanizadas, tienden a evadirse unas a otras, lo que funciona como un mecanismo que reduce su nivel de infestación. También, cuando las infestaciones de *Varroa* son altas, pueden llegar a verse abejas más pequeñas y deformes, algunas de ellas sin alas o con las alas arrugadas. Sin embargo, cuando las infestaciones son bajas, resulta menos obvio detectar la presencia de los ácaros o de sus daños en la colonia. Por ello es importante monitorear con regularidad la presencia y nivel de infestación de *Varroa* en las colonias de abejas (Guzmán et al., 2012).

2.2.8. Ácido Oxálico.

El ácido oxálico o ácido etanodioico, de estructura HOOC-COOH, es el más simple de los ácidos dicarboxílicos alifáticos. La forma comercial más común es la deshidratada, de fórmula molecular: $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$. El ácido oxálico se produce en estado natural en forma de oxalato de potasio o de calcio en las raíces y rizomas de muchas plantas, como la acedera, el ruibarbo, la remolacha, y las plantas de la familia Oxalis. El nombre habitual de "ácido oxálico" proviene de la palabra de origen griego axys (agrijo), debido a su sabor amargo (Pérez, s.f). Esta sustancia puede ser administrada a la colonia asperjando (método obsoleto por su complicada manipulación), por goteo y por sublimación (Nanetti, 2007).

El ácido oxálico ha sido considerado como una de las alternativas orgánicas para el tratamiento de *Varroa*; Según Imdorf et al. en el 1997, preparado en solución con agua destilada al 3% y aplicado en forma de jarabe azucarado atrae a las abejas, a pesar de resultar efectivo para el control de los ácaros, este agente presenta algunos inconvenientes, como intoxicación y muerte de abejas adultas por su consumo (Higes *et al.*, 1999). Actualmente, se cuenta con una nueva formulación de este ácido, registrado (Del Hoyo *et al.*, 2001) bajo el nombre de Oxavar®, el cual no requiere su consumo por parte de las abejas.

El ácido oxálico se disuelve en el agua, contando con una notable atracción para las varroas por la glicerina. Esto hace que la glicerina sea un disolvente efectivo para el uso de ácido oxálico como tratamiento para la *Varroa* en la colmena, especialmente porque su naturaleza aceitosa también le confiere una afinidad para la cutícula de la abeja y ácaros. De esto se dio cuenta un grupo argentino que comenzó a vender una nueva formulación llamada Aluen CAP.

El producto fue probado por el investigador Matías Maggi, con resultados asombrosos: excelente control de los ácaros, sin efectos adversos sobre las abejas y sin residuos en la miel (además se considera un tratamiento “orgánico”) (Oliver, 2018).

Han aparecido diferentes formulaciones para preparar este tipo de soluciones de manera casera, de las que destacan: la preparación en tablillas de cartón (por Fernando Esteban, director de la revista Espacio Apícola) y también la aplicada en toallitas azules multiusos (por el científico estadounidense Randy Oliver). Ambas han sido probadas con buenos resultados. Tanto el método oxálico/glicerina en tiras como el de aplicación con toalla, a pesar de contener cantidades grandes de ácido, no son dañinos para la colmena. De hecho, incluso las abejas prosperan en un medio ambiente ligeramente acidificado. Lo ventajoso de estas aplicaciones, es que se obtiene un método de liberación prolongada para el ácido oxálico en la colmena. Esto quiere decir, que al liberarse lentamente está matando de manera continua los ácaros durante más de un ciclo reproductivo, ya que el tratamiento permanece activo más tiempo, superando así la limitación de los métodos de aplicación de oxálico por goteo o vaporización, cuyo tratamiento se debería repetir cada cuatro días para seguir el ciclo de reproducción de la Varroa (Oliver, 2018).

Mecanismo de Acción.

No se dispone de estudios donde se entienda claramente el mecanismo de acción del ácido oxálico, sin embargo, algunas investigaciones sugieren que este actúa de las siguientes formas: Como producto de acción sistémica que al ser ingeridos por las abejas se distribuyen por todo el organismo, manteniendo una alta concentración, sobre todo en la hemolinfa, suficientemente como para no ser nocivas para la abeja, pero si serlo para el ácaro (Castillo et al., 2005).

También en el caso de los cartones impregnados y las toallitas, parece que el bajo pH de las soluciones de ácido oxálico tiene un efecto perjudicial sobre los ácaros cuando se ponen en contacto con él, por lo que el contacto de moléculas de ácido oxálico con ácaros Varroa en la colmena ayuda al control de la misma (Maggi et al., 2017).

2.2.9. Otros Tratamientos.

Los tratamientos químicos y orgánicos que han sido utilizados en República Dominicana para el control de la varroosis, se pueden clasificar en:

- Químicos:
 - ✓ Mavrick® (Fluvalinato)
 - ✓ Flumevar® (Flumetrina)

- Orgánicos:
 - ✓ Ácido fórmico
 - ✓ Timol en polvo, oasis y cera

En la actualidad se encuentra disponible Flumevar® (Flumetrina, Soluciones Apícolas, SRL), Timol en cera (Miel loma de rio Blanco) y Timol en Oasis (Soluciones Apícolas, SRL) (Alcántara, R. y Ureña, L. 2018). En el estudio se aplicó en la etapa shock químico el Flumevar® ya que cuenta con un 99% de eficacia en el control de Varroa, sin residuos en la miel y sin tiempo de retirada (Apilab SRL, s.f.).

TERCERA PARTE
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento.

Apiario demostrativo del Centro de Producción Animal del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF): ubicado en el municipio de Pedro Brand, provincia Santo Domingo. La zona ecológica a la que pertenece es de bosque húmedo con una georreferenciación de 18.546997 latitud norte - 70.077512 longitud oeste, el mismo cuenta con un total de 47 colmenas tipo Langstroth (ver anexo Figura 5).

3.2. Tipo de Investigación.

El estudio que realizamos es de tipo experimental y correlacional. Es experimental porque nuestro estudio se caracterizó por la manipulación artificial del factor de estudio (Los tratamientos) por el investigador y por la aleatorización de las colmenas seleccionadas para cada tratamiento manteniendo un grupo de control y otros grupos experimentales; es del tipo correlacional porque se trata de medir la relación entre las variables observadas mediante el uso de métodos estadísticos.

3.3. Duración del Experimento.

El estudio de campo en 36 colmenas tipo Langstroth tuvo una duración de aproximadamente 8 semanas, desde la última semana de octubre hasta diciembre del 2019.

3.4. Descripción del apiario.

El apiario estaba conformado por 47 colmenas distribuidas en tres grupos, separados a menos de 20 metros entre ellos. Los grupos eran dos grupos de 15 y uno de 17 colmenas. La flora apícola propia del bosque húmedo está compuesta de piñón cubano, güarano, campeche, palo blanco, bejuco de indio entre otras plantas de menor importancia.

3.5. Materiales y Equipos:

3.5.1. Materiales Biológicos:

- 36 colmenas Langstroth

3.5.2. Materiales de Campo:

- Sombreros
- Velos redondos
- Overoles apícolas
- Guantes
- Botas
- Ahumador
- Cuña
- Marcadores permanentes
- Cepillo para desabejar
- Trampa caza Varroa
- Lavaplatos liquido Axion®
- Frascos boca ancha
- Jeringa 5ml
- Flumetrina Flumevar®
- Cartón piedra
- Paño multiusos scotch brite®
- Cutter
- Regla
- Lápiz
- Termómetro
- Olla

3.5.3. Materiales de Laboratorio:

- Ácido oxálico
- Azúcar
- Agua destilada
- Alcohol etílico 95
- Glicerina
- Vaselina sólida
- Cedazos

- Balanza
- Taza medidora

3.6. Diseño Experimental.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 9 repeticiones. La gradiente para los bloques fue la carga inicial de Varroa en abejas adultas y la población de abejas adultas. La unidad experimental fue la colmena tipo Langstroth (ver anexo Figura 6). Se formaron 9 bloques de 4 colmenas cada uno seleccionadas según la carga de Varroa, población de abejas adultas y población de cría, en cada bloque se asignaron al azar los tratamientos, garantizando la misma cantidad de colmenas entre los 4 tratamientos. Se utilizaron 9 colmenas para cada tratamiento.

Factores en Estudio:

- Población de abejas.
- Población de Varroa.
- Eficacia de los tratamientos.

Tratamientos:

- T1: ácido oxálico en toallitas.
- T2: ácido oxálico en jarabe de azúcar.
- T3: ácido oxálico en tablillas de cartón.
- T4: Testigo.

El tratamiento 1 consistió en aplicar una toallita azul multiusos de limpieza de aproximadamente 26 x 28 cm por colmena, con un peso de 32 g. Se realizaron dos aplicaciones con 15 días de diferencia entre ellas. Para la preparación de cada toallita se mezclaron 25 ml de glicerina líquida y 25 g de ácido oxálico.

El tratamiento 2 consistió en aplicar 5 ml de jarabe de azúcar con ácido oxálico por cada cuadro cubierto por abejas entre los panales sobre la abeja. Se aplicó cada 7 días durante 3 semanas para un total de tres aplicaciones. El jarabe se preparó en proporción de 500 ml de agua, 50 gr de ácido oxálico y 500 gr de azúcar blanca grado A.

El tratamiento 3 consistió en colocar cuatro tirillas de cartón piedra impregnadas con ácido oxálico por colmena en la cámara de cría. La tirilla de cartón se dobló por la mitad y se colgó en los cabezales de los cuadros envolviendo el nido de cría. Se realizaron dos aplicaciones con 15 días de diferencia entre ellas. Para la preparación e impregnado de 80 tirillas, con unas medidas aproximadas de 3 cm de ancho por 38 cm de largo, se mezcló 1 kg de glicerina con 600 gr de ácido oxálico.

El tratamiento 4 fue el testigo absoluto, al mismo no se le aplicó ácido oxálico en ninguna presentación.

3.7. Descripción de Variables.

Las evaluaciones de las colmenas y toma de muestra para Varroa se realizaron inmediatamente antes y después de la aplicación de los tratamientos orgánicos, y luego al final del shock químico que consistió en la aplicación de un producto químico de eficacia conocida (Flumevar®) para eliminar la Varroa que los tratamientos en estudio no hubiesen podido controlar. Este remanente de Varroa se utilizó para el cálculo de la eficacia de los productos o tratamientos en pruebas.

Las variables para medir fueron:

3.7.1. Estimación de la Población de Abejas Adultas Expresado en Cuadros Cubiertos con Abejas.

La población de abejas adultas expresada en cuadros cubiertos por abeja se estimó visualmente, al destapar la colmena. Se observaron las abejas que se encontraban en la tapa, sobre y entre los cuadros cubiertos por abeja, se echó humo limitado a las colmenas para poder hacer una estimación lo más cercano a la realidad. La estimación la efectuó la misma persona para todas las colmenas y en las diferentes evaluaciones, para evitar variaciones de criterios.

3.7.2. Estimación de la Población de Cría Expresada en Cuadros de Crías.

En la cámara de crías se observó cada cuadro de ambos lados, estimando que porcentaje aproximado del cuadro había de cría en cualquier estadio. Luego, se realizó la sumatoria del porcentaje de cada cuadro observado en una colmena y se dividió entre 100, de esta manera se determinó la cantidad de cuadros de cría de cada colmena.

3.7.3. Prevalencia de Varroa en Abejas Adultas.

La infestación en adultas se determinó mediante la toma de una muestra de aproximadamente 200 a 300 abejas vivas, procedentes al menos de 3 cuadros diferentes de la cámara de cría, en un frasco con aproximadamente dos cucharadas de alcohol etílico al 95%, una cucharada de detergente líquido y el resto de agua. Esta solución permite que las Varroas se desprendan de las abejas y que retarde el proceso de descomposición de las mismas, facilitando su conteo futuro. Fueron utilizados frascos diferentes en cada colmena.

En el laboratorio, se utilizó el método de De Jong, 2005, este método consiste en agitar de forma moderada cada frasco durante 30 segundos, colando el contenido sobre un cedazo, el cual retiene las abejas dejando pasar las Varroas (Pérez y Rivas, 2000; Mondragón et al., 2005; Eguaras y Ruffinengo, 2006). Estos ácaros se contabilizaron, al igual que las abejas para posteriormente determinar los porcentajes de infestación de Varroas en abejas adultas, utilizándose la siguiente fórmula para su cálculo:

$$\text{Infestación de abejas adultas} = \left[\frac{\# \text{ de Varroas}}{\# \text{ de abejas}} \right] \times 100.$$

3.7.4. Prevalencia de Varroa en Cría.

Para determinar los porcentajes de infestación de Varroas en crías, se seleccionó de la cámara de cría un cuadro completamente operculado, comprobado por la previa observación de crías de ojos morados o rosados (de 10 a 14 días de edad), se desopercularon 100 celdas de obreras y 30 de zánganos, estos últimos sólo si estaban disponibles. Se extrajeron las pupas y se observaron detenidamente buscando la presencia de ácaros adultos adheridos a las larvas, al igual que las paredes y el fondo de las celdas con una luz fuerte y se procedió a contabilizar los ácaros adultos (Vandame et al., 2002). Se utilizó la siguiente fórmula para su cálculo:

$$\text{Porcentaje de Infestación en crías} = \left[\frac{\# \text{ de Varroas adultas}}{\# \text{ de celdas examinadas}} \right] \times 100$$

3.7.5. Conteo de Varroas Caídas por cada Tratamiento.

Para determinar el conteo de Varroas caídas por cada tratamiento, se colocó en cada colmena un fondo modificado o trampa para Varroa, que consiste en una malla con una bandeja color claro y se contaron las Varroas semanalmente durante la aplicación de los tratamientos y el shock químico.

3.7.6. Eficacia de los Tratamientos.

Partiendo del concepto de eficacia, dado por la Real Academia Española. “Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.”. *Eficacia* se refiere a los resultados en relación con las metas y cumplimiento de los objetivos organizacionales. Es el grado en que un procedimiento o tratamiento puede lograr el mejor resultado posible. Es la relación objetivos/resultados bajo condiciones ideales (Bouza, 2000 y Otero, 2001). En nuestro estudio empleamos el cálculo de la eficacia porcentual (E) (Marcangeli, 1999) a partir del conteo de Varroas caídas luego de aplicados cada tratamiento y el shock químico, dónde:

$$E = \frac{A_t}{A_{t+c}} \times 100$$

A_t = Número de ácaros caídos durante el tratamiento.

A_{t+c} = Número total de ácaros caídos durante el tratamiento y el shock químico.

3.7.7. Costo Marginal de cada Tratamiento.

El costo marginal (C') se define como el costo aproximado de una unidad adicional producida (Ciudad Universitaria Santa Anita, 2019), en caso del presente estudio sería la aplicación de los tratamientos a otra colmena. El mismo se calcula como el costo total (C) con respecto al número de las unidades de producción ($\#U_t$):

$$C' = \frac{C}{\#U_t}$$

En el caso de este trabajo, el costo total (C) está determinado por el costo total de los materiales empleados en la aplicación de un tratamiento multiplicado por la cantidad de colmenas tratadas con el mismo (q).

$C =$ Costo total de materiales utilizados en un tratamiento * q

3.8. Manejo del Estudio.

1. Se realizó una inspección de las colmenas para conocer el estado de cada una. Durante esta evaluación se contabilizaron la cantidad de cuadros cubiertos con abejas, cuadros con

cría, cuadros con néctar y polen, condición de la reina, condición de la cría, y se tomó una muestra para calcular la prevalencia de Varroa en abejas adultas y cría.

2. Luego de acuerdo con el porcentaje de infestación de Varroa en abejas adultas se crearon bloques con cada una de las cargas del ácaro en alta, media y baja; se distribuyeron los tratamientos según esta gradiente.
3. Cada tratamiento contó con 9 repeticiones, colmenas a las cuales se le colocaron los fondos modificados para el recuento de las Varroas caídas.
4. Se aplicaron los tratamientos. A las 24 horas de la primera aplicación se contabilizaron los ácaros caídos en los fondos modificados. El conteo se realizó cada 7 días durante el tratamiento orgánico, y durante el shock químico.
5. A la semana de la última aplicación de los tratamientos orgánicos se volvieron a evaluar las colmenas y se tomaron muestras de abejas adultas y crías. Luego, se colocó el shock químico, que consistió en dos tirillas de Flumevar® por colmena sobre los cabezales de la cámara de cría, el mismo se retiró a las 4 semanas porque la caída de Varroa en piso luego de ese tiempo era mínima, no significativa.
6. Por último, al retirar el shock químico se volvieron a evaluar las colmenas para ver el estado general de la misma y se tomaron muestras nuevamente. (ver anexo Figura 24 y Tabla 1).

3.9. Recolección de Datos.

Se utilizaron dos formularios para la recolección de la información durante el estudio de campo. En uno se tomaban los datos de las inspecciones realizadas a las colmenas y en el otro la contabilización de Varroas caídas en cada visita (ver anexo Formulario 1 y 2).

3.10. Procedimientos Estadísticos para el Análisis de los Resultados.

En el análisis estadístico fue utilizado el programa estadístico InfoStat versión 2008, (Grupo InfoStat). Posterior a la fase de campo, se procedió a comprobar si las variables dependientes a analizar (poblaciones de crías y abejas adultas, caída de Varroas, infestación y eficacia) cumplían con una distribución normal y homocedasticidad con respecto a la variable de clasificación (Tratamientos) para saber si realizar un análisis de varianza parametrizada o no parametrizada.

La distribución normal de las variables fue verificada aplicando la prueba formal de Shapiro-Wilks y la homocedasticidad de las varianzas con la prueba de Levene. En el caso de las variables que no cumplieron una distribución normal se procedió con un análisis de varianza no parametrizada utilizando las pruebas ANOVA de Kruskal-Wallis (Siegel & Castellan, 1995) para determinar de esta manera si existen resultados significativos entre los tratamientos, definiendo la hipótesis alternativa (existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de los tres tratamientos, con un nivel de confianza del 95%) y la hipótesis nula (no existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de los tres tratamientos, con un nivel de confianza del 95%).

CUARTA PARTE
RESULTADOS

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultados.

Las variables de poblaciones de abejas, total de caída de Varroas e infestación de varroa no cumplían con una distribución normal, así como la eficacia de los tratamientos, no cumplía con la homocedasticidad (varianzas heterogéneas), por lo que no cumplían con los supuestos de la ANOVA (ver anexo Figura 7). Por tanto, se aplicó un análisis de varianza no parametrizada utilizando las medias como estimadores, empleando la prueba de Kruskal-Wallis.

4.1.1 Estimación de la Población de Abejas Adultas y Crías.

Para la población de abejas adultas al igual que en las crías se contabilizaron los cuadros con abejas en cada colmena. Mediante el análisis de los resultados obtenidos en la prueba de Kruskal Wallis para el comportamiento de las poblaciones de abejas adultas y crías durante las tres principales etapas del estudio (al inicio, post tratamientos y post shock químico). En los resultados no se observó diferencia significativa estadísticamente ($p\text{-valor} > 0.05$) en la estimación de la población de abejas según el análisis estadístico de varianza no parametrizada (ver anexo Figura 8).

A pesar de que no se muestran resultados significativos en ninguno de los tratamientos para las poblaciones de abejas adultas y las crías, se observó el comportamiento de las medias de los tratamientos en la variable.

En la población de crías de abejas, luego de concluida la etapa de aplicación de los tratamientos, el ácido oxálico en jarabe de azúcar y el testigo son los que menor población de crías alcanzan con 3.22 y 3.77 respectivamente, y los tratamientos con ácido oxálico en toallitas y ácido oxálico en tablillas de cartón alcanzan mayor valor de media de población de crías. Al finalizar el shock químico, el tratamiento con ácido oxálico en toallitas y ácido oxálico en tablillas de cartón terminan con menor media de población de crías con 4.11 y 4.13 respectivamente, mientras que el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es quien alcanza el mayor valor de media de población de crías con 4.76. (ver tabla 2.)

En cuanto a la población de abejas adultas, tanto en la etapa post tratamientos como en el post shock químico los resultados entre los tratamientos se mantienen muy similares. El tratamiento 4 es quien alcanza mayor valor de media de 10 cuadros promedio con abejas en la etapa post tratamiento y disminuye a 9.29 en el post shock químico, seguido del tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón. El tratamiento con ácido oxálico en toallitas y con ácido oxálico en jarabe de azúcar, por su parte, son los que alcanzan valores de medias más bajos luego de aplicado los tratamientos y también después de concluida la aplicación del shock químico, siendo el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar quien alcanza la media más baja de la población de abejas adultas (ver tabla 3).

A pesar de este comportamiento de las medias en ambas poblaciones, al no existir diferencias significativas entre los tratamientos, estos valores, aunque diferentes se consideran iguales.

Tabla 2

Comportamiento de las medias de la población de crías durante las tres etapas del estudio, por cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	Población Inicial	Población Post tratamiento	Población Post Shock Químico
Tratamiento con ácido oxálico en toallitas.	5.02	4.11	4.11
Tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar.	5.11	3.22	4.76
Tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón.	4.99	4.43	4.13
Tratamiento testigo.	5.08	3.77	4.29

Tabla 3

Comportamiento de las medias de la población de abejas adultas durante las tres etapas del estudio, por cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	Población Inicial	Población Post tratamiento	Población Post Shock Químico
Tratamiento con ácido oxálico en toallitas.	10.11	8.11	8.22
Tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar.	12.78	7.44	7.67
Tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón.	11	9.56	9.11
Tratamiento testigo.	11.89	10	9.29

4.1.2 Prevalencia de Varroa en Abejas Adultas y Cría.

Realizando un análisis de la varianza no parametrizada por la prueba de Kruskal Wallis (H) de la caída de varroas en las semanas de aplicación de los tratamientos, se obtuvo que existe diferencias significativas en la etapa post tratamiento en la semana 3 con un p-valor de 0.0277 (p -valor < 0.05) (ver anexos Figura 9). Haciendo un análisis de las medias en esta semana se pudo determinar cómo los tratamientos con ácido oxálico en tablillas de cartón y con ácido oxálico en jarabe de azúcar se diferencian de los tratamientos con ácido oxálico en toallitas y el testigo, siendo el tratamiento con ácido oxálico en toallitas quien alcanza menor valor de medias con 24.22 y el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar el que mayor valor de media obtiene de 113.56. La caída de varroas en la etapa post shock químico, sin embargo, no muestra diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las cuatro semanas evaluadas.

Prevalencia de varroas en abejas adultas al inicio, post tratamiento y post shock químico.

Los niveles de infestación en la población de abejas adultas, se evaluaron en las tres etapas del estudio: al inicio, post tratamiento y post shock químico. Los análisis de varianza no parametrizada de los tratamientos aplicando la prueba de Kruskal Wallis (H), no se observó significancia en los resultados obtenidos (p -valor > 0.05).

En las poblaciones de abejas adultas, las medias de infestación inicial en los tratamientos se mostraron muy similares. Post tratamientos, el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar mantiene menor valor de media de infestación con 1.35, mientras que el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón alcanza el mayor valor de media de 3.09. En la etapa post shock químico sigue el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar manteniendo la media de infestación más baja de 0.12 y el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón igual mantiene el mayor valor de media de infestación en la población de abejas adultas de 0.71, ver tabla 4.

Tabla 4

Comportamiento de los valores de media de infestación en las abejas adultas, por cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	Infestación Inicial	Infestación Post tratamiento	Infestación Post Shock Químico
Tratamiento con ácido oxálico en toallitas.	2.52	2.32	0.21
Tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar.	2.54	1.35	0.12
Tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón.	2.34	3.09	0.71
Tratamiento testigo.	2.18	2.46	0.39

Prevalencia de varroas en cría de abejas al inicio, post tratamiento y post shock químico.

En las poblaciones de crías de las abejas, la infestación inicial mostró valores de medias muy similares entre los tratamientos. Luego de la aplicación de los preparados, el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar mantiene menor valores de infestación de medias en crías con 0.67, sin embargo, el tratamiento testigo es quien alcanza el valor más elevado de media con 4.43. Post shock químico, el tratamiento testigo alcanza el valor de media de infestación en crías de abejas 0, mientras que el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón es quien queda con el máximo valor de media de 0.63, ver tabla 5. A pesar de este análisis, aclarar que la prueba de Kruskal Wallis (*H*) no mostró significación en la infestación de la población de crías de abejas.

Tabla 5

Comportamiento de los valores de media de infestación en las crías, por cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	Infestación Inicial	Infestación Post tratamiento	Infestación Post Shock Químico
Tratamiento con ácido oxálico en toallitas.	2.63	0.86	0.22
Tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar.	2.67	0.67	0.33
Tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón.	2.33	1.5	0.63
Tratamiento testigo.	3.11	4.43	0

4.1.3 Conteo de Varroas Caídas.

Para determinar el conteo de Varroas caídas se realizó un análisis del total de Varroas caídas y su respectivo porcentaje por etapa (al concluir la aplicación de los tratamientos y del shock químico) con respecto al total de Varroas caídas en todo el estudio.

Analizando el conteo de Varroas caídas antes y durante la aplicación de los tratamientos, a las 24 horas de aplicados los tratamientos se muestra un total de 705 Varroas caídas, principalmente el tratamiento testigo es quien muestra una caída de 262 Varroas seguido del tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar con 180 Varroas caídas. En la primera semana se mantuvieron resultados similares con un total de 1,414 Varroas caídas, de ellas 551 eran del tratamiento testigo y 455 Varroas caídas del tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar. En la semana dos el promedio de caída es de 754 Varroas, el tratamiento que mantiene mayor caída es el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar con 1,204 Varroas caídas, seguido del tratamiento testigo con 758 Varroas caídas, el resto de los tratamientos se muestra por debajo del promedio semanal. En la tercera semana del estudio se mantiene el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar como el que mantiene mayor caída de Varroas con 1,032, seguido en esta semana por el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con 725 Varroas caídas y luego el tratamiento testigo con 706 Varroas

caídas, el tratamiento con ácido oxálico en toallitas (332 Varroas caídas) se mantiene muy inferior con respecto a la media semana de 699. En la última semana, el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón alcanza el mayor valor de caída de Varroas con 661, seguido del tratamiento testigo con 530 Varroas caídas, el resto de los tratamientos se mantienen por debajo de la media semanal de 426 Varroas caídas (ver Tabla 3).

Post tratamiento se obtuvo un total de 9,635 Varroas caídas, de ellas el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar alcanza el mayor número de Varroas caídas de 3,242, seguida del tratamiento testigo con 2,807 Varroas caídas, luego el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con 2,394 Varroas caídas y por último el tratamiento con ácido oxálico en toallitas, siendo el menor durante las cuatro semanas con un total de 1,192 Varroas caídas (ver Tabla 6).

Tabla 6

Comportamiento de la caída de Varroas en cada una de las semanas del estudio por efecto de los tratamientos orgánicos.

Tratamientos	24 horas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total	Media
Tratamiento con ácido oxálico en toallitas.	152	167	398	332	143	1192	238
Tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar.	180	455	1204	1032	371	3242	648
Tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón.	111	241	656	725	661	2394	479
Tratamiento testigo.	262	551	758	706	530	2807	561
Total	705	1414	3016	2795	1705	9635	1927
Media	176	354	754	699	426		

En la etapa post shock químico, durante las 24 horas de aplicado los tratamientos el tratamiento testigo alcanza la mayor caída de Varroas con 2,568, seguido del tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con 1,545, el resto de los tratamientos se mantiene por debajo de la media semanal de Varroas caídas de 1,391. En la primera semana luego de aplicado el shock químico se mantiene el tratamiento testigo como el que más caída de Varroas presenta con 2,513, seguido igual del tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con

718 Varroas caídas, el resto igual se mantiene por debajo de la media semanal de caída de Varroas (985 Varroas caídas promedio). La segunda semana mantiene el mismo comportamiento que la semana anterior. La tercera semana el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón es el que tiene mayor caída de Varroas con 653, seguido del tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar con 405 Varroas caídas, el resto de los tratamientos se muestra por debajo de la media semanal de 329 Varroas caídas. En la última semana vuelve nuevamente el tratamiento testigo a ser quien mantiene mayor caída de Varroas con 278, seguido del tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con 146 Varroas caídas y el resto muestra una caída inferior a 48 Varroas (ver Tabla 4).

En sentido general durante esta etapa post shock químico, el tratamiento testigo alcanza un total de 6,636 Varroas caídas, el mayor número en esta etapa del estudio, seguido del tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con 3,917 Varroas caídas. El tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar y el tratamiento con ácido oxálico en toallitas mantienen valores más bajos en esta etapa de Varroas caídas con 1,520 y 1502 respectivamente (ver Tabla 7).

Tabla 7

Comportamiento de la caída de Varroas en cada una de las semanas del estudio por efecto del shock químico.

Tratamientos	24 horas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total	Media
Tratamiento con ácido oxálico en toallitas.	876	434	97	47	48	1502	300
Tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar.	573	275	220	405	47	1520	304
Tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón.	1545	718	855	653	146	3917	783
Tratamiento testigo.	2568	2513	1065	212	278	6636	1327
Total	5562	3940	2237	1317	519	13575	2715
Media	1391	985	559	329	130		

En sentido general durante todo el estudio, el tratamiento testigo alcanza 9,443 Varroas caídas, el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón con 6,311, seguido del tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar con 4,762 Varroas caídas y por último el tratamiento con ácido oxálico en toallitas con un total de 2,694 Varroas caídas. El tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es quien mantiene mayor caída de Varroas durante la primera etapa de los tratamientos mientras que el tratamiento testigo es quien mantiene el mejor valor de caída de Varroas en la etapa post shock químico.

4.1.4 Eficacia del Ácido Oxálico.

Al realizar el análisis de la varianza no parametrizada, en la eficacia del ácido oxálico para cada tratamiento, no se observó diferencia estadísticamente significativa ($p\text{-valor} = 0.1509 > 0.05$). A pesar de este resultado, se analizaron las medianas de porcentaje obtenidas en la aplicación de la prueba de Kruskal Wallis obteniéndose que:

- La eficacia para el ácido oxálico en toallitas (T1) fue de 51.18 %.
- Para el ácido oxálico en jarabe de azúcar (T2) fue de 54.09 %.
- Para el ácido oxálico en tablillas de cartón (T3) fue de 44.24 %.
- Las colmenas utilizadas como testigo (T4) tuvieron una eficacia de 29.84 %.

Siendo el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar quien llegó a tener mayor mediana de porcentaje de eficacia con 54.09 %.

4.1.5 Costo Marginal del Tratamiento.

A medida que se expande la producción de miel, se hace imprescindible tomar las decisiones productivas correctas, siendo necesario conocer los costos marginales de aplicar cada tratamiento en otra colmena de abejas. En este estudio se identificó cuál de los tratamientos arrojó menor costo marginal, definiendo el mismo como el costo aproximado de una unidad adicional producida (Ciudad Universitaria Santa Anita, 2019), en nuestro caso, la aplicación de los tratamientos a otra colmena. El mismo se calcula como costo total del tratamiento con respecto a las unidades de producción:

$$C' = \frac{C_t}{\#U_t}$$

Donde:

C'– costo marginal.

Ct – Costo total.

UT – Cantidad de unidades de producción tratadas.

En el caso de este estudio, el costo total está determinado por el costo total de los materiales empleados en la aplicación de todo el tratamiento a las colmenas tratadas con el mismo.

Realizando los cálculos, a partir de conocer el costo total de materiales utilizados en cada tratamiento (C) y la cantidad de colmenas tratadas (q) de cada uno de los tratamientos en todas sus aplicaciones, se pudo determinar que el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es el que menos costo marginal genera. En otras palabras, una próxima colmena a la que se le aplique el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar tiene un costo aproximado de 27 DOP, mientras que los tratamientos con ácido oxálico en tablillas de cartón y con ácido oxálico en toallitas generarían costos aproximados de 53 DOP y 312 DOP respectivamente, (ver anexo Tabla 8).

QUINTA PARTE
DISCUSIÓN

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

En el estudio no se observó diferencia significativa (p -valor > 0.05) en la estimación de la población de abejas adultas y crías, según el análisis estadístico de varianza no parametrizada. Esto significa que no hubo diferencias significativas de tamaño entre las colmenas del ensayo, y a su vez, que ninguno de los tratamientos tuvo efecto sobre la cantidad de cuadros cubiertos de abejas. Como es habitual en ensayos apícolas, la variabilidad intra tratamientos es relativamente alta y por ello sería útil corroborar estos resultados utilizando para el ensayo un mayor número de colmenas. A pesar de este resultado, el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón, por su parte, alcanza el mayor valor de media de población. Esto se corresponde con el estudio de Oliver (2018), donde a pesar de contener cantidades grandes de ácido no son dañinos para la colmena, incluso las abejas prosperan en un medio ambiente ligeramente acidificado.

La varianza de la caída de Varroas en las semanas de aplicación de los tratamientos, arroja que existen diferencias significativas en la etapa de aplicación de tratamientos en la semana 3, principalmente el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar, mientras que el tratamiento con ácido oxálico en toallitas es quien alcanza menor valor de medias en caída de Varroas. Este resultado, en parte, está determinado por la forma de aplicación de ambos tratamientos y el ciclo de vida de las Varroas y abejas.

En cuanto a la forma de aplicación de los tratamientos, el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar (rociado de la fórmula encima de las abejas) es más rápido en ingerirse por las abejas que el tratamiento con ácido oxálico en toallitas (colocar una toallita encima de los cuadros de crías y se debe esperar a que las abejas la mastiquen y roan). Además, en el caso de las toallitas, el bajo pH de las soluciones de ácido oxálico tiene un efecto perjudicial sobre los ácaros cuando se ponen en contacto con él, por lo que el contacto de moléculas de ácido oxálico con ácaros Varroa en la colmena ayuda al control de la misma. En cuanto al ciclo de vida completo de la Varroa (de huevo a adulto) este dura aproximadamente de seis a siete días, donde para la tercera semana la mayoría de estos ácaros debieron haber muerto, tanto las que estaban nacidas como las que iban naciendo. Coincidiendo además la tercera semana con el ciclo de vida de la mayoría de las abejas (abejas obreras con ciclo de vida de 21 días) las

cuales deben haber nacido en esta semana eclosionando las Varroas que estaban dentro de las celdas de dichas abejas.

La caída de Varroas durante la aplicación de los tratamientos por sí solos, se obtiene que el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es quien mantiene mayor conteo de caída de Varroas en esta etapa, en comparación con el resto de los tratamientos. Dicho resultado está dado principalmente por la forma de aplicación de los tratamientos donde el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es rociado encima de las abejas por lo que es más rápido el contacto entre las abejas rociadas con ácido oxálico y la ingesta por las abejas, en comparación con que los otros dos tratamientos, los cuales se colocan una toallita o tablilla encima de los cuadros de crías y se debe esperar a que las abejas la rocen demorando más el contacto entre las abejas y la ingesta del ácido oxálico. En la etapa post shock químico, sin embargo, el tratamiento testigo alcanza el mayor número de Varroas caídas (737), producto de que no se le había aplicado ningún tratamiento por lo que el número de Varroas era superior al resto, provocando una mayor caída al aplicarle el Flumevar®.

La eficacia del ácido oxálico para cada tratamiento, no mostró diferencias significativas. A pesar de este resultado, se analizaron las medias de porcentaje obtenidas en la aplicación de la prueba de Kruskal Wallis obteniendo que el tratamiento ácido oxálico en jarabe de azúcar alcanza el mayor porcentaje de eficacia, seguido del tratamiento ácido oxálico en toallitas y luego el tratamiento con ácido oxálico en tablillas de cartón. Este resultado se corresponde con el obtenido por Higuaes (2000) donde en los tratamientos con ácido oxálico por gota gruesa la eficiencia en otoño es de un 52%, en caso del presente estudio se realizó a finales de otoño (octubre) e inicio de invierno (diciembre). Además, se asemeja mucho el resultado al estudio elaborado por Castillo, N. González, W. y Vásquez, H. (2005) en República Dominicana, donde el tratamiento artesanal con jarabe por goteo obtuvo una eficacia media de 54.41% en el apiario ubicado en Villa Mella, muy similar al del presente estudio (54.09%). También concuerda con los resultados de Gregorc y Planic (2002), donde registraron eficacias del tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar entre un 25 y 97 % en colonias con y sin cría operculada, respectivamente, intervalo que incluye los resultados de eficiencia del presente estudio.

Por su parte Vandame (2000), plantea que la forma de jarabe o mezcla de agua con azúcar como una de las formas de aplicación más utilizadas en Europa sobre todo en lugares como Suiza, Francia, Alemania y España, además en Argentina, México y otros países de Centroamérica, con una excelente eficacia contra Varroa asegurando eliminar cerca de 99% de esta población. También Higes (1999) plantea que el ácido oxálico, el tratamiento más utilizado en Europa y el que ha dado mejor resultado, presenta mediante nebulización con cuatro tratamientos cada 7 días, una eficacia del 94% en otoño y del 73% en primavera. En este sentido, la eficacia de los tratamientos en el presente trabajo no alcanza estos niveles, quizás porque las colmenas tenían un elevado porcentaje de crías durante todo estudio lo que hace que las Varroas se alojaran en las crías y por tanto que el tratamiento con ácido oxálico sea menos eficaz.

En relación al costo marginal, el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es el que genera menor valor. Este resultado concuerda con lo expresado por Barbero, Panella y Bonizzoni (1997) al decir que el tratamiento con ácido oxálico es de fácil adquisición en el mercado y su costo es reducido. La dificultad de aplicación ha sido básicamente el factor que ha frenado su uso conllevando a que no se haya popularizado más que entre un núcleo restringido de apicultores.

SEXTA PARTE
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en nuestro trabajo de grado concluimos lo siguiente:

- En cuanto al comportamiento de la población de crías de abejas y abejas adultas en las colmenas no se observó diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual indica que los tratamientos no tienen efectos negativos sobre las abejas.
- La eficacia del ácido oxálico para cada tratamiento, no mostró diferencias significativas ($p\text{-valor} > 0.05$) entre los tratamientos. A pesar de este resultado, se obtuvo que el tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar alcanza el mayor porcentaje de eficacia de 54.09%. En este sentido no se alcanzan niveles más altos de eficacia quizás porque las colmenas tenían un porcentaje elevado de crías todo el estudio, lo que hace que las Varroas se alojaran en las crías y por tanto que el tratamiento con ácido oxálico sea menos eficaz.
- El tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es quien mantiene mayor caída de Varroa.
- El tratamiento con ácido oxálico en jarabe de azúcar es el que presenta menor costo marginal general, teniendo un costo aproximado en una próxima aplicación de 27 DOP.

6.2. Recomendaciones

- Como es habitual en ensayos apícolas, la variabilidad intra tratamientos es relativamente alta y por ello sería útil corroborar estos resultados utilizando para el ensayo un mayor número de colmenas.
- Realizar el estudio en colmenas que presenten una elevada población de Varroas y poca población de crías de abejas (preferiblemente ninguna cría), para una mejor evaluación de la eficacia del ácido oxálico.
- Utilizar productos autorizados antes de productos de origen orgánico.

Referencias Bibliográficas

1. Adaptado de “Abejas”, de Mendizabal. F., 2005, p.11, Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros.
2. Adaptado de Reyes, F. (2016). Efectividad de cuatro acaricidas en el control del ácaro (*Varroa destructor*) en abejas (*Apis mellifera* L.) (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
3. Alcántara, R. y Ureña, L. Eficacia de timol en cera para el control de *Varroa destructor* en *Apis mellifera* en bosque seco y bosque húmedo. Trabajo de grado para optar por el Título de Licenciado en Medicina Veterinaria. Escuela de Veterinaria. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). 2018.
4. Bouza A. Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector de la salud. *Rev Cubana Salud Pública* 2000;26: 50-56.
5. Castillo, N. (2018). Comunicación Personal, Encargada de la División de Apicultura y División Enfermedades de las Abejas, Dirección General de Ganadería, Ministerio de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana.
6. Ferreras, A. (2015). El dulce negocio que ofrece la miel en República Dominicana. Septiembre 5, 2018, de El dinero Sitio web: <https://www.eldinero.com.do/13047/el-dulce-negocio-que-ofrece-la-miel-en-republica-dominicana/>
7. Fredes, F. G. (1993). Varroasis: un nuevo problema parasitario para Chile. *Monografías de Medicina Veterinaria*, 15(1-2). Septiembre 10, 2018, de Portal de Revistas Académicas de la Universidad de Chile Sitio web: <https://revistas.uchile.cl/index.php/MMV/article/view/5002/4887>
8. González Guzmán, W. M., Castillo Ramírez, N. R. y Vásquez Bonetti, H. M. Evaluación de tres acaricidas orgánicos para el control de varroasis en República Dominicana. Tesis de grado para optar por el título de licenciado en Medicina Veterinaria. Escuela de zootécnia. Universidad Autónoma de Santo Domingo. (UASD). 2005.
9. Guzmán, E. Correa, A. et al., (2012). Patología, diagnóstico y control de las principales enfermedades y plagas de las abejas melíferas. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) de México.
10. Maggi et al. (2017). The susceptibility of *Varroa destructor* against oxalic acid: a study case. *Bulletin of Insectology*. 70 (1): 39-44. <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol70-2017-039-044maggi.pdf>
11. Manual técnico de apicultura abeja (*apis mellifera*)”, de Vásquez, R. Martínez, R. Ortega, N. y Maldonado, W., 2012, p.16, Colombia: Editorial Produmedios.
12. Manual de apicultura básica. CLUSAPIDOM.
13. Marcangeli, J., García, M., Cano, G., Distéfano, L., Martín, M., Quiroga, A., Raschia, F., & Vega, C. (2003). Eficacia del Oxavar® para el Control del Ácaro *Varroa destructor* (Varroidae) en Colmenas de *Apis mellifera* (Apidae). Septiembre 5, 2018., de *Rev. Soc. Entomol. Argent* Sitio web: <http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v62n3-4/v62n3-4a10.pdf>
14. Mendizabal, F. (2005). Abejas. Buenos Aires, Argentina.
15. Nanetti, A. (2007). Uso de ácido oxálico y otros productos de origen natural para el control de varroa, pros y contras. *Revista electrónica UACH*, 35, p. 49. doi:10.4206/agrosur.2007.v35n1-18

16. Oliver, R. (2018). Tratar la varroa con ácido oxálico y glicerina. Septiembre 5, 2018, de La tienda del apicultor Sitio web: <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/tratar-varroa-con-acido-oxalico-y-glicerina/>
17. Otero MJ. Eficiencia y eficacia. [citado en 2001]. Disponible en: <http://www.gerenciasalud.com/art05.htm>
18. Perez, G. P. (s. f.). *Ácido oxálico*. Oxalato.com. Recuperado 16 de julio de 2020, de https://www.oxalato.com/cido_oxlico
19. Ramsey, S.D. et al. (2018). Varroa destructor feeds primarily on body tissue and not hemolymph. Gene E. Robinson, University of Illinois at Urbana. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
20. Recuperado de “Manual de apicultura básica” de CLUSAPIDOM”, 2015, p.44.
21. Reyes, F. (2016). Efectividad de cuatro acaricidas en el control del ácaro (Varroa destructor) en abejas (Apis mellifera L.) (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
22. Ribeiro, S. (23 de noviembre, 2016). Transgénicos contra la apicultura. Recuperado de <https://lafamiliapicola.blogspot.com/search?updated-max=2012-10-17T15:39:00-03:00&max-results=50&reverse-paginate=true&start=15&by-date=false>
23. Siegel, S., & Castellan, J., Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta (4th ed.). México, D.F., 1995: Trillas. Watt, J., & van den Berg, S., Research Methods for Communication Science, 2002.
24. Vásquez, J., Narrea, M., & Bracho, J. (2006). Efecto del ácido oxálico, ácido fórmico y coumaphos sobre Varroa destructor (Acari: Varroidae) en colonias de abejas. Septiembre, 2018, de Revista Peruana de Biología Sitio web: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v45/pdf/a26v45.pdf>
25. Vásquez, R., Martínez, R., Ortega, N., & Maldonado, W. (2012). Manual técnico de apicultura abeja (apis mellifera). Colombia. Transgénicos contra la apicultura, de Ribeiro, S. 23 de noviembre, 2016.

Anexos
Figuras

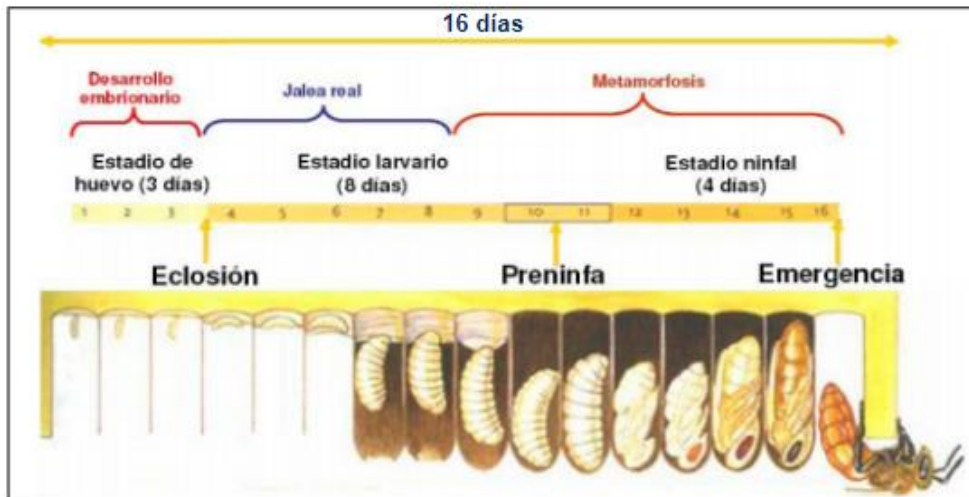


Fig. 1. Ciclo biológico de la abeja reina.

Fuente: Vásquez Romero, R. Martínez Sarmiento, R. et al. (2012). MANUAL TÉCNICO DE APICULTURA ABEJA (*Apis mellifera*). [Imagen]. Recuperado de: <https://www.miabeja.com/wp-content/uploads/2020/04/MANUAL-T%C3%89CNICO-DEAPICULTURAABEJA-Apis-mellifera.pdf>.

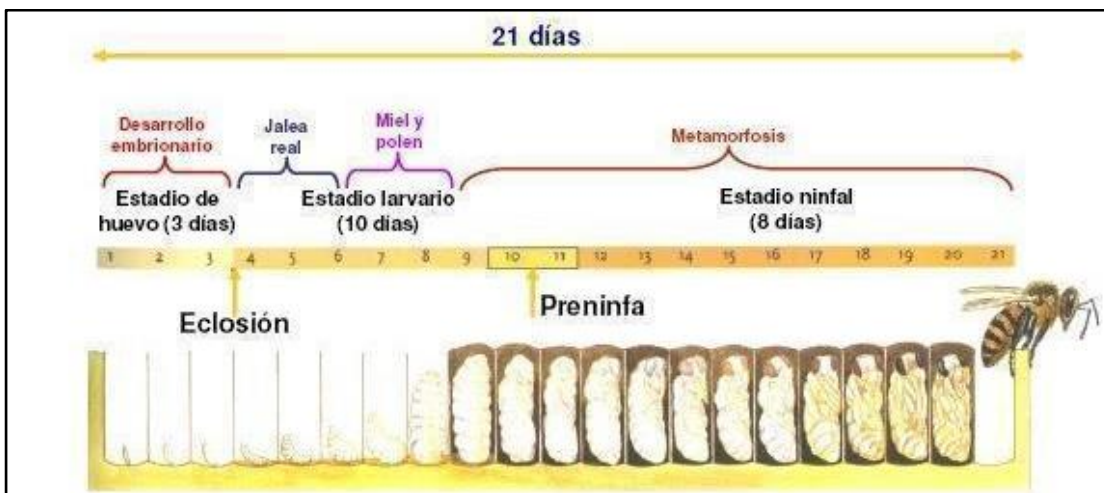


Fig. 2. Ciclo biológico de la abeja obrera.

Fuente: Julio E. (2011). Ciclo Biológico de la Abeja. [Imagen]. Recuperado de: <https://lafamiliapicola.blogspot.com/2011/10/ciclo-biologico-de-la-abeja.html?m=0>.

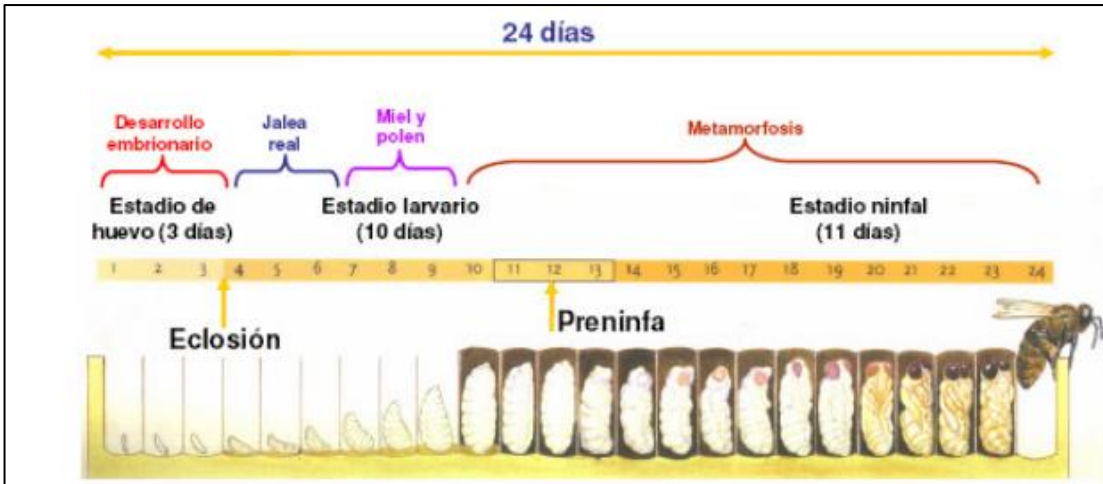


Fig. 3. Ciclo biológico del zángano.

Fuente: Julio E. (2011). Ciclo Biológico de la Abeja. [Imagen]. Recuperado de: <https://lafamiliapicola.blogspot.com/2011/10/ciclo-biologico-de-la-abeja.html?m=0>.



Fig. 4. Dimorfismo de la Varroa, la hembra es de mayor tamaño que el macho.
Fuente: Recuperado de “Manual de apicultura básica” de CLUSAPIDOM”, 2015, p.44.

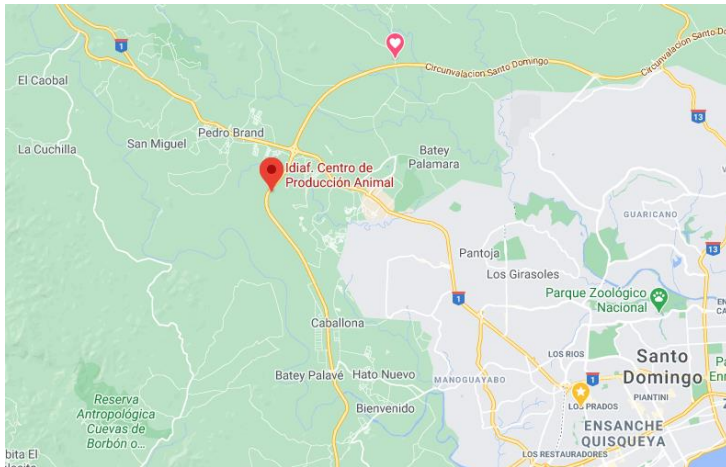


Fig. 5. Ubicación geográfica del Apiario demostrativo del Centro de Producción Animal del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

Fuente: 2021. [MAPA]. Google Maps.

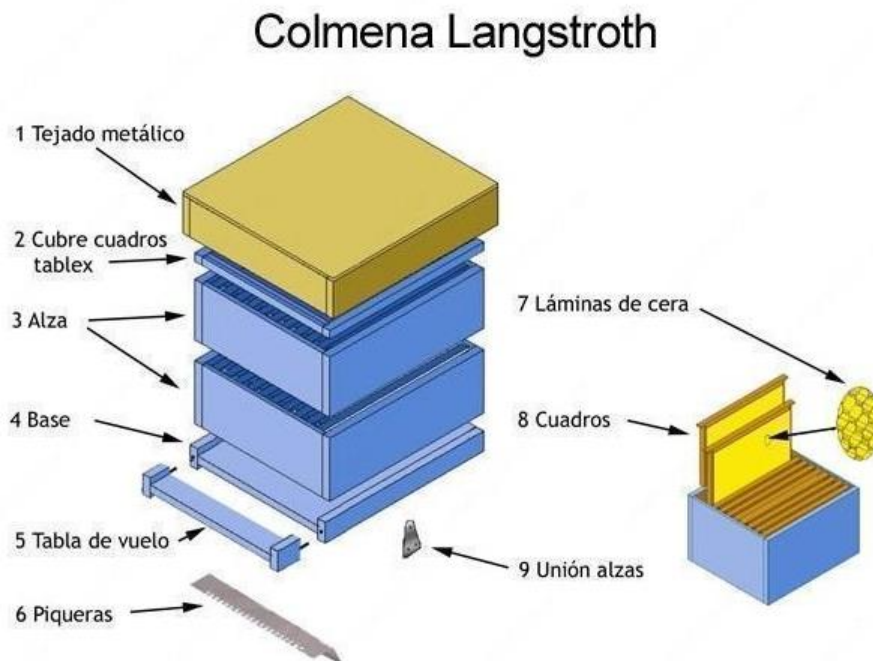


Fig. 6. Colmena Langstroth.

Fuente: Miel Mayabalam. [Imagen]. Recuperado de: <https://www.miabeja.com/las-abejas-a-traves-del-tiempo/>.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Población_inicial_Cri..	36	0.00	1.13	0.94	0.2286
RDUO Población_inicial_Adu..	36	0.00	2.84	0.93	0.1124
RDUO Infestacion_Inicial_C..	36	0.00	8.65	0.58	<0.0001
RDUO Infestacion_Inicial_A..	36	0.00	2.26	0.73	<0.0001
RDUO Total Varroa	36	0.00	211.73	0.93	0.1067
RDUO Poblacion_Post_TX_Cri..	35	0.00	2.93	0.87	0.0008
RDUO Poblacion_Post_TX_Adu..	36	0.00	4.21	0.88	0.0022
RDUO Infestación_Post_TX_..	21	0.00	2.45	0.90	0.0990
RDUO Infestación_Post_TX_A..	31	0.00	1.76	0.80	<0.0001
RDUO Total_Varroa_ShockQ	34	0.00	391.28	0.94	0.1992
RDUO Poblacion_Post_SQ_Cri..	31	0.00	1.56	0.98	0.9435
RDUO Poblacion_Post_SQ_Adu..	31	0.00	1.94	0.91	0.0434
RDUO Infestación_Post_Shoc..	30	0.00	0.96	0.59	<0.0001
RDUO Infestación_Po_Shock..	30	0.00	0.81	0.68	<0.0001
RDUO Eficacia tratamiento	36	0.00	20.23	0.95	0.3910

Fig. 7. Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) aplicada a las variables del estudio.

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	C	H	p
Población_inicial_Cria 1	1	9	5.02	1.07	4.82	1.00	0.16	0.9838
Población_inicial_Cria 2	2	9	5.11	1.29	5.50			
Población_inicial_Cria 3	3	9	4.99	1.39	4.90			
Población_inicial_Cria 4	4	9	5.08	0.89	4.95			
Poblacion_Post_TX_Cria 1	1	9	4.11	2.59	5.22	1.00	1.16	0.7618
Poblacion_Post_TX_Cria 2	2	8	3.22	2.05	4.18			
Poblacion_Post_TX_Cria 3	3	9	4.43	4.62	3.55			
Poblacion_Post_TX_Cria 4	4	9	3.77	2.17	4.55			
Poblacion_Post_SQ_Cria 1	1	9	4.11	1.55	4.95	1.00	0.19	0.9799
Poblacion_Post_SQ_Cria 2	2	6	4.76	1.39	4.75			
Poblacion_Post_SQ_Cria 3	3	9	4.13	2.13	4.05			
Poblacion_Post_SQ_Cria 4	4	7	4.29	1.14	4.40			
Población_inicial_Adulta 1	1	9	10.11	1.36	10.00	0.98	2.49	0.4663
Población_inicial_Adulta 2	2	9	12.78	3.56	12.00			
Población_inicial_Adulta 3	3	9	11.33	3.08	11.00			
Población_inicial_Adulta 4	4	9	11.89	3.33	11.00			
Poblacion_Post_TX_Adulta 1	1	9	8.11	3.86	9.00	0.99	2.38	0.4922
Poblacion_Post_TX_Adulta 2	2	9	7.44	4.88	9.00			
Poblacion_Post_TX_Adulta 3	3	9	9.56	3.88	11.00			
Poblacion Post TX Adulta 4	4	9	10.00	4.87	12.00			
Poblacion_Post_SQ_Adulta 1	1	9	8.22	2.39	10.00	0.88	2.79	0.3675
Poblacion_Post_SQ_Adulta 2	2	6	7.67	1.86	8.00			
Poblacion_Post_SQ_Adulta 3	3	9	9.11	1.54	10.00			
Poblacion Post SQ Adulta 4	4	7	9.29	2.29	10.00			

Fig. 8. Resultados de la prueba Kruskal Wallis en las poblaciones de crías y abejas adultas.

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	C	H	p
Conteo_Varroa_3 1	1	9	24.22	16.35	20.00	1.00	9.11	0.0277
Conteo_Varroa_3 2	2	9	113.56	59.14	141.00			
Conteo_Varroa_3 3	3	9	80.56	53.91	78.00			
Conteo_Varroa_3 4	4	9	78.44	84.41	62.00			

Trat.	Medias	Ranks
1	24.22	10.44 A
4	78.44	17.94 A B
3	80.56	20.56 B
2	113.56	25.06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fig. 9. Comportamiento de las medias en la caída de Varroas por tratamiento en la semana 3.



Fig. 10. Preparación del tratamiento ácido oxálico en toallitas.



Fig. 11. Preparación del tratamiento ácido oxálico en jarabe de azúcar.



Fig. 12. Preparación del tratamiento ácido oxálico en tablillas de cartón.



Fig. 13. Colocación de las bandejas con vaselina para conteo de Varroas caídas.



Fig. 14. Aplicación del tratamiento ácido oxálico en toallitas.



Fig. 15. Aplicación del tratamiento ácido oxálico en jarabe de azúcar.



Fig. 16. Aplicación del tratamiento ácido oxálico en tablillas de cartón.



Fig. 17. Registro de la información durante el desarrollo del estudio en la fase de campo.



Fig. 18. Toma de muestra de abejas vivas para determinación de prevalencia de Varroa en abejas adultas.



Fig. 19. Desoperculado de celdas de cría para determinación de prevalencia de Varroa en crías.



Fig. 20. Preparación de frascos para toma de muestras de abejas vivas.



Fig. 21. Colado de las abejas por un cedazo.



Fig. 22. Contabilización de Varroas para determinar prevalencia en abejas adultas.



Fig. 23. Conteo de Varroa caída por efecto de los tratamientos.



Fig. 24. Aplicación del shock químico.

Tablas

Tabla 1

Calendario del ensayo.

Calendario Ensayo: Eficacia de Tres Formulaciones Artesanales a Base de Ácido Oxálico para el control de Varroa destructor, en Apis mellifera en ambiente de Bosque Húmedo.		
Responsables: Ivanna e Ixell		
Fecha	Actividad	Acompañantes
Martes 29 Oct	1era Aplicación T1, T2 Y T3	Martin, Leidy, Freddy, Carlos y Alexander
Miércoles 30 Oct	Conteo a las 24 horas	Martin, Freddy, Carlos, Alexander, Francisco
Martes 5 Nov	1er conteo semanal y segunda aplicación de T2	Leidy, Niyra, Freddy, Carlos, Alexander, Francisco
Martes 12 Nov	2do Conteo semanal, 3era aplicación T2 y 2da aplicación T3 y T1	Leidy, Freddy, Carlos, Francisco, Alexander
Martes 19 Nov	3er Conteo semanal	Leidy, Freddy, Carlos, Francisco, Alexander
Miércoles 27 Nov	4to conteo semanal, 2da evaluación y SQ	Martin, Leidy, Niyra, Freddy, Carlos, Alexander, Francisco
Viernes 29 Nov	Conteo a las 24 horas SQ	Martin, Leidy, Niyra, Freddy, Carlos, Alexander, Francisco
Viernes 6 Dic	1er conteo semanal SQ	Leidy, Freddy, Carlos, Francisco, Alexander
Viernes 13 Dic	2do Conteo semanal SQ	Leidy, Freddy, Carlos, Francisco, Alexander
Viernes 20 Dic	3er Conteo semanal SQ	Niyra, Leidy, Freddy, Carlos, Francisco, Alexander
Viernes 27 de Dic	4to Conteo semanal SQ y 3ra evaluación	Niyra, Leidy, Freddy, Carlos, Francisco, Alexander

Tabla 8

Cálculo de los costos marginales por tratamientos.

Tratamiento	Cantidad de aplicaciones	Cantidad de Colmenas (q)	Costo total de las aplicaciones de los tratamientos (C)	Costo Marginal (C')
Ácido oxálico en toallitas.	2	9	2808 DOP	312 DOP
Ácido oxálico en jarabe de azúcar.	3	9	243 DOP	27 DOP
Ácido oxálico en tablillas de cartón.	2	9	477 DOP	53 DOP

*Estos valores no incluyen los costos de aplicación.

Formularios

Formulario 1. Evaluación de Apiarios En Estudio

Apiario: _____ Evaluación # _____ Fecha _____

Responsable _____

Condiciones ambientales: soleado ___ medio nublado ___ nublado ___ lluvioso ___ viento ___ otras condiciones _____

Colmena #						
# de alzas de produc.						
# de alzas con miel durante la evaluación						
Prolifricidad y Reservas (%)*	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2
Cuadro 1						
Cuadro 2						
Cuadro 3						
Cuadro 4						
Cuadro 5						
Cuadro 6						
Cuadro 7						
Cuadro 8						
Cuadro 9						
Cuadro 10						
Población colmena**						
Condición de la Reina***						
# cuadros con cría						
# celdas reales verdaderas						
Disponibilidad Flujo de néctar	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __
Disponibilidad de polen	Bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __	bueno __ regular __ malo __
Capacidad propolizadora	Buena __ regular __ baja __	buena __ regular __ baja __	buena __ regular __ baja __	buena __ regular __ baja __	buena __ regular __ baja __	buena __ regular __ baja __
Cría de cal	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada
Loque europea	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada	__ afectada __ no afectada

* M= miel P= polen V= vacío L= lámina H= huevos CA= cría abierta CO= cría operculada ** 1= baja 2= media baja 3= media 4= media alta 5= alta. *** En Postura -Ausente -Virgen -Celda Real Operculada

Colmena #			
Virus de las alas y patas deformes	__ afectada no afectada	__ afectada no afectada	__ afectada no afectada
Varroosis	Adultas: _____ % Varroas _____ Abejas _____ Cria: _____ % Varroas adult _____ # celdas exam _____ Zang _____ % Varroas adult _____ # celdas exam _____ Grooming: Muestra Groo ____ % Mutiladas _____	Adultas: _____ % Varroas _____ Abejas _____ Cria: _____ % Varroas adult _____ # celdas exam _____ Zang _____ % Varroas adult _____ # celdas exam _____ Grooming: Muestra Groo ____ % Mutiladas _____	Adultas: _____ % Varroas _____ Abejas _____ Cria: _____ % Varroas adult _____ # celdas exam _____ Zang _____ % Varroas adult _____ # celdas exam _____ Grooming: Muestra Groo ____ % Mutiladas _____
Otras enfermedades de la cría y/o adultas			
Comportamiento Higiénico (CHT)	Total celdas _____ No removidas _____ Operc. Vivas _____ Operc. Muertas _____ %	Total celdas _____ No removidas _____ Operc. Vivas _____ Operc. Muertas _____ %	Total celdas _____ No removidas _____ Operc. Vivas _____ Operc. Muertas _____ %
Observaciones (Cualquier actividad u observación extraordinaria como muerte o recambio de reina, gusano de tela, retiro de panales, colocación o retiro de alzas, comportamiento defensivo, etc.)			

