



## UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Medicina Veterinaria

Tema:

EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE  
VARROA (*Varroa destructor*) CON PRODUCTOS ACARICIDAS EN ABEJAS  
(*Apis mellifera*) EN SAN MIGUEL.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario.  
Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias  
Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina  
Veterinaria.

Autores:

Leidy Elizabeth Pozo Tipan

Jhonatan Fabricio Hushca Yazuma

Tutor:

Dr. Danilo Yáñez Silva MSc.

Guaranda-Ecuador

2025

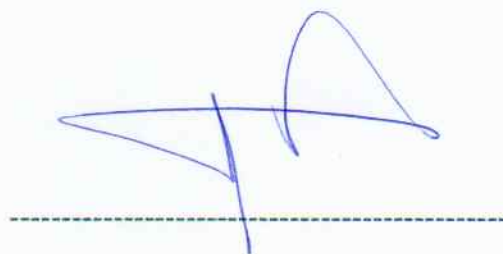
EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE  
VARROA (*Varroa destructor*) CON PRODUCTOS ACARICIDAS EN ABEJAS  
(*Apis mellifera*) EN SAN MIGUEL.

**REVISADO Y APROBADO POR:**



Dr. Danilo Yáñez Silva Ms.C.

**TUTOR**



Dr. Franco Bolívar Cordero Salazar Ms.C.

**PAR LECTOR**



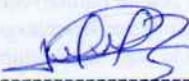
Dra. Jenny Marcela Martínez Moreira Ms.C.

**PAR LECTORA**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Leidy Elizabeth Pozo Tipan & Jhonatan Fabricio Hushca Yazuma, con CI. 0202443644 & 0202511473 respectivamente, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Leidy Elizabeth Pozo Tipan

CI. 0202443644

AUTORA



Jhonatan Fabricio Hushca Yazuma

CI. 0202511473

AUTOR



Dr. Danilo Yáñez Silva MSc.

CI. 0201168754

TUTOR



ESCRITURA N°20250201004P00702

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

JHONATAN FABRICIO HUSHCA YAZUMA Y

LEIDY ELIZABETH POZO TIPAN

CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a los treinta días del mes de julio del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, los señores **JHONATAN FABRICIO HUSHCA YAZUMA**, de estado civil soltero y **LEIDY ELIZABETH POZO TIPAN**, de estado civil soltera, tes por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliado el primero en comparecer en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, cantón Guaranda, provincia Bolívar, con celular número cero nueve ocho nueve dos ocho dos cero cuatro nueve; y, con correo electrónico

[jhuscha@mailes.ueb.edu.ec](mailto:jhuscha@mailes.ueb.edu.ec); y, la segunda en comparecer domiciliada en la parroquia Chillanes, cantón Chillanes y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con celular número cero nueve nueve uno ocho uno seis dos cero seis; y, con correo electrónico [lpozo@mailes.ueb.edu.ec](mailto:lpozo@mailes.ueb.edu.ec); hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura, además a petición expresa de los comparecientes se adjunta sus documentos personales como son las cédulas de ciudadanía y certificados de votación, como documentos habilitantes. Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodia es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de las partes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinadas que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: **JHONATAN FABRICIO HUSHCA YAZUMA**, de estado civil soltero y **LEIDY ELIZABETH POZO TIPAN**, de estado civil soltera, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: "EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE VARROA (*Varroa destructor*) CON PRODUCTOS ACARICIDAS EN ABEJAS (*Apis mellifera*) EN SAN MIGUEL". Previo a la obtención del título de Médicos Veterinarios, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Medicina Veterinaria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere y leída que les fue íntegramente a los comparecientes por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.



SR. JHONATAN FABRICIO HUSHCA YAZUMA

C.C. 0202511473



SRTA. LEIDY ELIZABETH POZO TIPAN

C.C. 0202443644

  
DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION  
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



# Leidy Pozo, Jhonatan Hushca

## EVALUACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE VARROA (Varroa destructor) CON PRODUCTOS ACARICID...

 Universidad Estatal de Bolívar

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:477423931

Fecha de entrega

30 jul 2025, 4:56 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

30 jul 2025, 5:04 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis AB.docx

Tamaño de archivo

19.2 MB

96 Páginas

20.495 Palabras

114.274 Caracteres

## 2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

### Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

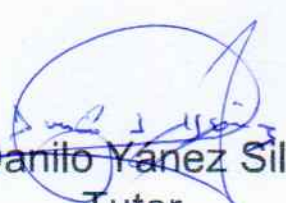
### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

  
Dr. Danilo Yanez Silva MSc  
Tutor

## DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar esta tesis a Dios, por la salud por la fuerza que me ha dado, y por guiarme por el camino del bien, para poder terminar este trabajo.

En segundo lugar, a mis padres, Luis y Gladys, por ser mi apoyo incondicional y no dejarme rendir en los problemas presentados y por toda su comprensión y amor.

A mi tía Rocio por ayudarme a seguir adelante y siempre confiar en mí.

***Leidy Elizabeth Pozo Tipan***

Dedico esta tesis, primeramente, a Dios, por ser mi guía constante, fuente de fortaleza y sabiduría en cada paso de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificios silenciosos y apoyo constante, quienes con su ejemplo me enseñaron el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia.

A mi familia, por creer en mí, acompañarme en cada etapa y brindarme la motivación necesaria para continuar aun en los momentos más difíciles.

A los docentes y profesionales que me formaron, por compartir sus conocimientos con pasión y por fomentar en mí una visión crítica, ética y comprometida con la Medicina Veterinaria.

A los animales, que, con su nobleza, sensibilidad y silencio, me recuerdan día a día el verdadero sentido de esta profesión: cuidar, sanar y proteger la vida.

Y, finalmente, me dedico este logro a mí mismo, por haber perseverado frente a los desafíos, por haber confiado en mis capacidades, y por haber convertido una vocación en una realidad.

***Jhonatan Fabricio Hushca Yazuma***

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a:

A mi querido Dios por hacer realidad este sueño.

A mis padres por acompañarme en este largo proceso y ser la fuente de mi inspiración, por todo su gran esfuerzo que me han permitido cumplir este gran sueño, gracias por inculcar en mi la valentía para no temer a las adversidades. Los AMO

A mi compañero de tesis por la paciencia y el apoyo en todo este proceso que no ha sido fácil.

A los maestros que nos han ayudado durante nuestra formación.

A todos los que de una u otra manera me han apoyado para la culminación de esta tesis.

### ***Leidy Elizabeth Pozo Tipan***

Agradezco de manera especial a Dios por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan significativa de mi formación profesional.

A Dr. Danilo Yáñez Silva MSc, por su invaluable asesoría, disposición constante y compromiso académico, los cuales guiaron con precisión el desarrollo de esta investigación. Su experiencia en el campo de la Medicina Veterinaria aportó claridad metodológica y solidez científica al presente estudio.

A mi familia, en especial a mis padres, por su respaldo emocional incondicional, su paciencia y fe en cada paso de este recorrido. Su presencia ha sido clave para mantener el compromiso y la motivación.

Y a todos los profesionales veterinarios, personal técnico y administrativo que, directa o indirectamente, contribuyeron con su experiencia y colaboración, les expreso mi sincero agradecimiento.

### ***Jhonatan Fabricio Hushca Yazuma***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
CAPÍTULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.2.1. Morfología	7
2.2.2. Organización social	8
2.2.3. Importancia agroecológica	8
2.4.1. Huevo	10
2.4.2. Larva	10
2.4.3. Pupa	11
2.4.4. Adulto	11
2.5.1. Procesos bioquímicos en la producción de miel	13
2.7. Varroasis	16
2.7.1. Taxonomía y morfología del parásito	16
2.7.2. Ciclo de vida de Varroa destructor	17
2.7.3. Coinfección viral	17
2.7.4. Establecimiento de la parasitosis	17
2.7.5. Eventos etiológicos y mecanismos moleculares de patogenicidad	18

2.7.6. Fisiopatología en la abeja infestada y efectos en la colonia	18
2.7.7. Modulación inmune de la abeja	18
2.7.8. Métodos diagnósticos	18
2.7.9. Perspectiva general y desafíos actuales	19
2.7.10. Impacto económico y ecológico de la varroasis	19
2.7.11. Influencia del cambio climático en la dinámica de Varroa	20
2.7.12. Desarrollo de nuevas terapias basadas en biotecnología	20
2.8.1. Mecanismo de acción	23
2.8.2. Formas de aplicación	24
2.9.1. Mecanismo de acción	25
2.9.2. Método de aplicación	25
2.10.1. Mecanismo de acción	26
2.10.2. Formas de aplicación	27
2.10.3. Consideraciones técnicas	27
2.11.1. Mecanismo de acción	28
2.11.2. Forma de aplicación	29
2.11.3. Riesgos y limitaciones	29
CAPÍTULO III	31
3. MARCO METODOLÓGICO	31
3.1. Ubicación y características de la investigación	31
• Localización del experimento	31
• Situación geográfica y edafoclimática	31
• Zona de Vida	31
3.2. Metodología	32
3.2.1. Material en estudio	32

3.2.2. Factores en estudio	32
3.2.3. Tratamientos	32
3.2.4. Tipo de diseño experimental	33
3.2.5. Manejo de la investigación	34
3.2.6. Métodos de evaluación	37
3.2.7. Análisis de datos	39
CAPÍTULO IV	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Interpretación de resultados	40
4.1.1. Peso de la colmena	40
4.1.2. Presencia de <i>Varroa destructor</i>	42
4.1.3. Número de ácaros pretratamiento	44
4.1.4. Porcentaje de infestación pretratamiento	46
4.1.5. Número de ácaros post-tratamientos	48
4.1.6. Porcentaje de infestación post-tratamientos	50
4.1.7. Mortalidad	53
4.1.8. Análisis económico	55
4.2. Comprobación de hipótesis	57
CAPÍTULO V	58
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones	58
5.2. Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº	DETALLE	PAG.
1.	Clasificación taxonómica de la abeja.	9
2.	Parámetros de evaluación de la calidad de la miel..	15
3.	Tratamientos.	32
4.	Descripción técnica del experimento	33
5.	Análisis de varianza	33
6.	Criterios de interpretación para varroasis	35
7.	Análisis de varianza del peso (kg) de la colmena	40
8.	Análisis de la infestación de varroa ( <i>Varroa destructor</i> ) de las colmenas	42
9.	Análisis de varianza del número de ácaros pretratamiento	44
10.	Análisis de varianza del porcentaje de infestación pretratamiento	46
11.	Análisis de varianza del número de ácaros después de los tratamientos	48
12.	Análisis de varianza del porcentaje de infestación de varroa después.	50
13.	Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de las abejas	53
14.	Análisis económico de los tratamientos	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nº</b>	<b>DETALLE</b>	<b>PAG.</b>
1.	Promedio del peso (kg) de la colmena	40
2.	Número de colmenas infestadas por varroa ( <i>Varroa destructor</i> )	42
3.	Promedios del número de ácaros pretratamientos	44
4.	Promedio del porcentaje de infestación pretratamiento	46
5.	Promedio del número de ácaros después de la aplicación	48
6.	Promedio del porcentaje de infestación de varroa después.	50
7.	Promedio del porcentaje de mortalidad de las abejas	53
8.	Análisis económico mediante el indicador costo/beneficio	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

N°	DETALLE
1.	Lugar de investigación
2.	Croquis del ensayo
3.	Base de datos
4.	Fotografías de la investigación
5.	Glosario de términos

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar cuatro tratamientos para el control de varroa (*Varroa destructor*) con productos acaricidas en abejas (*Apis mellifera*) en San Miguel, provincia de Bolívar. Para ello, se establecieron cinco grupos experimentales: T0 (grupo control sin tratamiento), T1 (ácido oxálico), T2 (ácido fórmico), T3 (Amitraz) y T4 (tiras impregnadas con piretroides). Cada tratamiento se aplicó a 16 colmenas, totalizando 80 colmenas evaluadas bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Los efectos de los tratamientos se midieron mediante variables como la reducción del número de ácaros, la mortalidad de abejas adultas y parámetros económicos (utilidad neta e índice de costo-beneficio). Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos. El tratamiento T3 (Amitraz) destacó como el más eficaz, logrando una reducción significativa de la carga parasitaria hasta niveles considerados muy bajos, junto con el menor índice de mortalidad en abejas adultas (0,44%). Asimismo, T3 presentó la mayor utilidad económica y el mejor índice de costo-beneficio, lo que respalda su viabilidad tanto en términos productivos como financieros, consolidándolo como la opción más segura y eficiente para el control de la varroasis en las condiciones evaluadas.

**Palabras clave:** *Varroa destructor*, abeja melífera, ácidos orgánicos, piretroides, amitraz,

## SUMMARY

The objective of this study was to evaluate four treatments for controlling varroa mites (*Varroa destructor*) with acaricide products in honey bees (*Apis mellifera*) in San Miguel, Bolívar province. To this end, five experimental groups were established: T0 (control group without treatment), T1 (oxalic acid), T2 (formic acid), T3 (Amitraz), and T4 (strips impregnated with pyrethroids). Each treatment was applied to 16 hives, for a total of 80 hives evaluated under a completely randomized block design (CRBD). The effects of the treatments were measured using variables such as reduction in the number of mites, adult bee mortality, and economic parameters (net profit and cost-benefit ratio). The results showed statistically significant differences ( $p < 0.0001$ ) between treatments. Treatment T3 (Amitraz) stood out as the most effective, achieving a significant reduction in parasite load to levels considered very low, along with the lowest mortality rate in adult bees (0.44%). Likewise, T3 presented the highest economic utility and the best cost-benefit ratio, which supports its viability in both productive and financial terms, consolidating it as the safest and most efficient option for the control of varroasis under the conditions evaluated.

**Keywords:** *Varroa destructor*, honeybee, organic acids, pyrethroids, amitraz,

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

En América Latina, la apicultura representa una fuente de ingresos significativa para miles de familias rurales, y es parte clave en la seguridad alimentaria por su contribución indirecta a la productividad agrícola. No obstante, las pérdidas anuales asociadas a *Varroa destructor* han sido cuantiosas, con mortalidades invernales en algunos países que superan el 30%, afectando tanto a pequeños como grandes apicultores. La resistencia del ácaro a varios principios activos y la ausencia de un control biológico plenamente efectivo han obligado a los investigadores a explorar estrategias de manejo más eficientes, seguras y sostenibles, adaptadas a las condiciones locales de cada región ((Bogo *et al.*, 2025)

En Ecuador, la apicultura ha experimentado un desarrollo sostenido en los últimos años, especialmente en provincias con alta biodiversidad floral y con condiciones climáticas favorables como la provincia Bolívar. A pesar del potencial apícola de la región, los apicultores enfrentan serias dificultades debido a la presencia de *Varroa destructor*, cuyos efectos negativos se manifiestan en la reducción de la longevidad de las abejas, malformaciones, disminución de la producción y colapsos de colmenas enteras si no se implementa un control oportuno (Cortez *et al.*, 2025).

La provincia de Bolívar, con su topografía diversa y abundante flora nativa, es un escenario propicio para la actividad apícola, pero también presenta desafíos únicos para el manejo sanitario de las colmenas. Muchos apicultores de la zona recurren a tratamientos acaricidas de forma empírica, sin protocolos técnicos estandarizados, lo que podría estar contribuyendo a la resistencia del ácaro (Bósquez *et al.*, 2023).

El control de *Varroa destructor* se ha convertido en una prioridad en las agendas apícolas de todo el mundo. Diversos estudios han evaluado la eficacia de productos químicos sintéticos como el amitraz, fluvalinato o coumafos, así como compuestos orgánicos como el ácido oxálico, ácido fórmico y aceites esenciales. Sin embargo, la efectividad de estos tratamientos varía considerablemente según el clima, el manejo apícola, la genética de las abejas y el nivel de infestación. Asimismo, el uso prolongado e inadecuado de acaricidas ha promovido la aparición de cepas

resistentes de *Varroa*, lo que representa un reto creciente para los programas de manejo sanitario. (Ceccotti *et al.*, 2024).

Por lo tanto, evaluar comparativamente diferentes tratamientos acaricidas bajo condiciones reales de campo en zonas específicas como San Miguel, se vuelve esencial para definir estrategias de manejo basadas en evidencia científica. Este estudio tiene como objetivo analizar la eficacia de cuatro tratamientos acaricidas contra *Varroa destructor* en colmenas de *Apis mellifera*, considerando la tasa de infestación, la respuesta de las abejas y el posible impacto ambiental. La información generada será de gran utilidad para técnicos, apicultores e instituciones involucradas en la salud apícola y la producción sustentable de colmenas en la región (Montiel *et al.*, 2025).

A pesar del notable potencial que posee Ecuador para el desarrollo de la apicultura, el crecimiento efectivo del sector aún presenta serias limitaciones. Actualmente se reportan alrededor de 912 unidades productivas apícolas distribuidas en el territorio nacional, que en conjunto albergan unas 12.188 colmenas. Esta cifra representa apenas una fracción del potencial estimado, que supera las 200.000 colmenas a nivel país. La marcada diferencia entre la capacidad instalada y el aprovechamiento real evidencia la necesidad urgente de implementar políticas de fomento, incentivos técnicos y estrategias sostenibles que permitan dinamizar y fortalecer esta actividad en el ámbito nacional. En lo que respecta al consumo nacional, la demanda de miel de abeja en Ecuador se estima en aproximadamente 601 toneladas métricas. Este volumen responde tanto a las necesidades de procesamiento e insumo por parte de la industria alimentaria como al consumo directo por parte de la población, reflejando así una combinación de factores comerciales y culturales que influyen en la dinámica del mercado interno (Beltrán & Vásquez, 2020)

## 1.2. PROBLEMA

La varroasis, provocada por el ácaro *Varroa destructor*, constituye una de las parasitosis más graves y persistentes que afectan a las abejas melíferas productoras de miel. Esta enfermedad parasitaria representa una amenaza, dado que ataca directamente a individuos en todos sus estadios de desarrollo, debilitando progresivamente a la población y reduciendo de forma crítica la capacidad productiva del enjambre.

La infestación con *Varroa destructor* genera daños fisiológicos severos. El ácaro se alimenta de tejidos grasos y hemolinfa, debilitando el sistema inmunológico de las abejas y dejándolas vulnerables a infecciones secundarias. Como consecuencia, se observa una disminución significativa en la tasa de cría, aparición de abejas deformes, pérdida de longevidad, y una notable reducción en el comportamiento de pecoreo, lo que repercute directamente en la recolección de néctar y, por ende, en la producción de miel. La parasitosis interrumpe el equilibrio biológico, genera desorganización interna, pérdida de fuerza laboral y agotamiento de las reservas alimenticias. Las reinas pueden ser afectadas directa o indirectamente por el deterioro del entorno, disminuyendo su tasa de postura y, en casos avanzados, provocando el abandono o colapso total de la colonia.

Adicionalmente, el avance de la varroasis obliga al uso constante de tratamientos acaricidas, lo que eleva los costos de producción, incrementa el riesgo de residuos químicos en los productos apícolas y favorece la aparición de cepas resistentes del ácaro. Esta dinámica reduce la efectividad de los tratamientos y limita cada vez más las opciones de control, dificultando la sostenibilidad de la actividad apícola.

En ausencia de un manejo técnico adecuado, la varroasis continúa propagándose dentro de los apiarios, afectando sucesivamente a nuevas colmenas. Su presencia constante y su alta capacidad reproductiva hacen de esta parasitosis un problema complejo, cuya solución requiere intervención temprana, monitoreo continuo y aplicación racional de métodos de control efectivos. No enfrentar esta problemática puede conllevar a una reducción drástica de la producción de miel, pérdidas económicas significativas para el apicultor y, en casos extremos, a la desaparición progresiva del apiario.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar cuatro tratamientos para el control de varroa (*Varroa destructor*) con productos acaricidas en abejas (*Apis mellifera*) en San Miguel.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la infestación con varroa.
- Comparar la efectividad de los 4 tratamientos.
- Determinar el porcentaje de mortalidad de las abejas.
- Realizar el análisis económico de los productos utilizados para el control de varroa.

#### 1.4. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias en la evaluación de cuatro tratamientos para el control de varroa (*Varroa destructor*) con productos acaricidas en abejas (*Apis mellifera*) en San Miguel.

**H<sub>a</sub>:** Existen diferencias en la evaluación de cuatro tratamientos para el control de varroa (*Varroa destructor*) con productos acaricidas en abejas (*Apis mellifera*) en San Miguel.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Generalidades de la apicultura

La actividad apícola constituye una fuente relevante de productos naturales de alto valor biológico y económico, entre los que destacan la miel, cera, jalea real, polen, propóleos y apitoxina, además de la prestación de servicios ecosistémicos fundamentales como la polinización. Dentro de este conjunto, la miel continúa siendo el producto más representativo y comercialmente significativo, tanto por su volumen de producción como por su aporte directo a la economía apícola. La especie *Apis mellifera* es ampliamente reconocida por su capacidad para generar estos recursos a partir del manejo racional de sus colmenas, contribuyendo no solo a la seguridad alimentaria, sino también al desarrollo de sectores como la medicina natural y la agricultura sustentable (Salinas & Silva , 2025).

La apicultura orientada a la producción de miel se destaca por ser una de las pocas actividades agroproductivas plenamente sostenibles, al no asociarse con impactos negativos relevantes sobre el entorno natural. Esta práctica no solo es ambientalmente compatible, sino que desempeña un rol clave en la polinización de cultivos que requieren este proceso para su desarrollo reproductivo. Como resultado, favorece la conservación de la diversidad biológica y contribuye significativamente al equilibrio de los ecosistemas y la preservación del medio ambiente (Mendoza *et al.*, 2024).

En los últimos años, la producción global de miel ha experimentado fluctuaciones significativas en su volumen y distribución geográfica. Hasta el año 2022, se identificó a China como el principal país productor, con una participación estimada del 28,1% del total mundial. En segundo lugar, se posicionó Turquía, con un aporte del 7%, seguida por Irán (4,7%), India (4,4%) y Argentina (4,2%). Otros países destacados en este ranking incluyeron a Rusia (4%), México (3,8%), Ucrania (3,7%), Brasil (3,6%) y Estados Unidos (3,4%), reflejando así una concentración productiva importante en regiones de Asia, América y Europa (Alcívar, 2024).

El limitado interés por parte de los agricultores en emprender actividades apícolas se relaciona principalmente con la falta de información precisa sobre los costos

asociados a la implementación y mantenimiento de un apiario, así como sobre los equipos e insumos indispensables para su operatividad eficiente. A escala nacional, se han identificado 902 unidades apícolas activas que concentran un total de 12.188 colmenas. De este total, aproximadamente el 62% está orientado a la producción de miel, el 13% a la recolección de polen, el 9% a la extracción de cera, el 8% a la obtención de propóleos, el 3% a la producción de jalea real y el 2% a la recolección de apitoxina (Romero, 2019). Esta distribución evidencia la capacidad de diversificación que ofrece la apicultura a través de distintos subproductos, los cuales aportan valor económico tanto a nivel local como nacional. No obstante, persiste la necesidad de implementar políticas de apoyo técnico y financiero que favorezcan el fortalecimiento, optimización y expansión sostenible de esta actividad productiva (Mascarello *et al.*, 2024).

## **2.2. La abeja (*Apis mellifera*)**

*Apis mellifera*, conocida como abeja melífera o europea, es un insecto himenóptero de la familia Apidae cuya organización social avanzada la convierte en un verdadero superorganismo. Las colonias están estructuradas en tres castas: una reina fértil destinada a la reproducción, numerosas obreras no fértiles que desempeñan funciones colectivas (cuidado de cría, recolección de néctar y polen, mantenimiento de la colmena) y zánganos cuya única función es fecundar a la reina (Resci & Cilia, 2023)

### **2.2.1. Morfología**

*Apis mellifera* presenta una morfología especializada que responde a su función ecológica y social dentro de la colonia. Su cuerpo está dividido en tres regiones anatómicas: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza contiene un sistema sensorial altamente desarrollado: ojos compuestos con más de 5.000 omatidios, tres ocelos simples, antenas con receptores olfativos de alta sensibilidad y un aparato bucal tipo lamedor-chupador, adaptado a la recolección de néctar (Halvaci *et al.*, 2023).

El tórax alberga tres pares de patas y dos pares de alas membranosas que permiten maniobras de vuelo y ventilación de la colmena. Las patas anteriores tienen estructuras especializadas como la escoba de polen y la espina antenal. El abdomen presenta glándulas cereras en las obreras y el órgano de defensa (aguijón), que en

hembras obreras es funcional y conectado a un saco de veneno que contiene melitina, apamina y fosfolipasas de acción neurotóxica (Walsh *et al.*, 2021).

Internamente, su sistema digestivo está optimizado para la asimilación de carbohidratos simples, el sistema nervioso muestra un alto grado de centralización y su sistema glandular incluye glándulas hipofaríngeas, mandibulares y salivales con funciones clave en la nutrición de larvas, producción de jalea real y comunicación química (Sun *et al.*, 2021).

El tracto digestivo de *Apis mellifera* alberga un microbioma específico y estable compuesto por al menos ocho géneros bacterianos dominantes, incluyendo *Snodgrassella alvi*, *Gilliamella apicola*, *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp.. Estas bacterias juegan un rol fundamental en la digestión de polisacáridos vegetales complejos (ej. pectina), producción de metabolitos antimicrobianos, modulación de la respuesta inmune innata (vía Toll y Imd), y detoxificación de residuos xenobióticos (Khan & Liu, 2022).

### **2.2.2. Organización social**

*Apis mellifera* constituye una especie eusocial obligada, organizada en castas con diferenciación morfofuncional: una reina (única hembra fértil), obreras (hembras estériles) y zánganos (machos haploides nacidos por partenogénesis arrénotoica). La reina puede vivir de 3 a 5 años y su función es exclusivamente reproductiva, llegando a poner hasta 2.000 huevos por día. Las obreras viven de 4 a 6 semanas en temporada activa, y hasta 6 meses en invierno; su comportamiento cambia por edad (polietismo etario), pasando por fases de limpieza, nodriza, construcción, almacenamiento y finalmente recolección (pecoreo) (Kark *et al.*, 2023).

El ciclo completo, desde huevo hasta adulto, varía según la casta: obreras (21 días), zánganos (24 días) y reinas (16 días). Este desarrollo se ve influenciado por el tipo de alimentación larval, en particular la jalea real, rica en proteínas y factores epigenéticos que regulan la expresión génica (Privitt *et al.*, 2023).

### **2.2.3. Importancia agroecológica**

*Apis mellifera* es considerada una especie bioindicadora y pieza clave en la estabilidad de los ecosistemas agrícolas y naturales. Su función principal radica en

la polinización entomófila, permitiendo el éxito reproductivo de más del 75% de las especies cultivadas con flores y un número importante de especies silvestres. La interacción con la flora permite la formación de frutos, semillas viables y variabilidad genética vegetal. Además, la polinización incrementa la calidad, cantidad y uniformidad de los cultivos, como manzanas, almendras, aguacate, café y hortalizas (Aldasoro *et al.*, 2023).

### 2.3. Clasificación taxonómica y cladografía de la abeja

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica de la abeja.*

Categoría taxonómica	Nombre
Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Suborden	Apocrita
Superfamilia	Apoidea
Familia	Apidae
Subfamilia	Apinae
Tribu	Apini
Género	<i>Apis</i>
Especie	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus,

**Fuente:** (Delaplane, 2024), Honeybee Social Evolution: Group Formation, Behavior, and Preeminence.

El género *Apis* incluye entre 8 y 11 especies vivientes, dependiendo del criterio taxonómico utilizado. *Apis mellifera* es la especie más ampliamente distribuida del género, con más de 30 subespecies reconocidas, adaptadas a distintos climas y regiones (Zaldivar *et al.*, 2024).

*Apis mellifera* está estrechamente relacionada con otras especies del mismo género como *Apis cerana*, *Apis dorsata* y *Apis florea*. Las especies del género *Apis* forman

un grupo monofilético dentro de la tribu Apini. El grupo Apini forma parte de la familia Apidae, que también incluye abejorros (*Bombus*) y abejas sin aguijón (*Meliponini*) (Zaldivar *et al.*, 2024).

#### **2.4. Características biológicas de *Apis mellifera***

La abeja melífera (*Apis mellifera Linnaeus*) presenta un ciclo de vida que incluye cuatro etapas claramente diferenciadas: huevo, larva, pupa y adulto. Estas fases están estrechamente reguladas por factores genéticos, endocrinos y ambientales, siendo determinantes en la diferenciación de las castas (obreras, reina y zánganos). Cada casta presenta una morfología, fisiología y longevidad específicas, asociadas a su rol dentro del superorganismo que constituye la colonia (Almeida *et al.*, 2024).

##### **2.4.1. Huevo**

Durante esta etapa inicial, la reina deposita los huevos individualmente en celdas hexagonales de cera, construidas por las obreras. Los huevos presentan una forma cilíndrica, color blanco opaco y miden aproximadamente 1.3 mm de largo. La duración de la fase es de tres días para todas las castas. En este periodo, ocurren los procesos de segmentación y gastrulación del embrión, dando paso al desarrollo de estructuras básicas del cuerpo (dos Santos *et al.*, 2021). La determinación sexual se produce en este punto, influida por la fecundación: los huevos fecundados dan lugar a hembras (obreras o reina), mientras que los no fecundados, por partenogénesis arrénotoica, originan zánganos haploides (Facchini *et al.*, 2021).

##### **2.4.2. Larva**

Una vez eclosionado el huevo, emerge una larva apoda, ciega y de tipo vermiforme. Esta etapa está centrada en la alimentación y crecimiento celular exponencial. Su aparato digestivo es funcional y especializado en la absorción rápida de nutrientes. Las larvas destinadas a convertirse en reinas reciben únicamente jalea real durante todo su desarrollo larval, una secreción hipofaríngea rica en proteínas, lípidos y factores epigenéticos como la royalactina (Moreira *et al.*, 2023).

Las larvas de obreras y zánganos son alimentadas con jalea real durante los primeros tres días, y posteriormente con una mezcla de polen y néctar (pan de abeja) (Orr *et al.*, 2022).

Durante esta fase, que dura entre 5.5 y 6.5 días según la casta, la larva muda varias veces, alcanzando una masa corporal hasta 1.500 veces mayor que su peso al eclosionar (Orr *et al.*, 2022).

### **2.4.3. Pupa**

En esta etapa, la larva madura secreta una cutícula protectora (pre-pupa) y sufre una transformación morfológica completa dentro de una celda operculada por las obreras. La metamorfosis involucra la reabsorción de tejidos larvales y la formación de estructuras adultas como ojos compuestos, antenas, alas, aparato bucal, órganos sensoriales, glándulas exocrinas y genitales (Zhang *et al.*, 2025).

- En las hembras obreras se desarrollan glándulas hipofaríngeas, mandibulares y cereras (Zhang *et al.*, 2025).
- En la reina, las gónadas se hipertrofian y su aparato reproductor se desarrolla completamente (Zhang *et al.*, 2025).
- Los zánganos desarrollan testículos funcionales y una musculatura torácica especializada para el vuelo nupcial (Zhang *et al.*, 2025).
- La duración de esta fase varía por casta: reina (7.5 días), obrera (12 días) y zángano (14.5 días) (Zhang *et al.*, 2025).

### **2.4.4. Adulto**

Al emerger del opérculo, el individuo adulto presenta un exoesqueleto pigmentado, alas endurecidas y glándulas exocrinas plenamente activas.

#### **2.4.4.1. Reina**

Sus características se ven claramente por definición de un abdomen elongado, aparato reproductor desarrollado, glándulas mandibulares que producen feromonas regulatorias. Sus principales funciones son: la reproducción, ya que es la única hembra fértil es la principal encargada de la ovoposición, alcanzando tasas de hasta 2.000 huevos/día en plena actividad (Collazo *et al.*, 2021).

#### **2.4.4.2. Obrera**

Sus características son: un cuerpo robusto, esta casta posee glándulas hipofaríngeas, cereras, encargadas de la producción de cera y jaleas ricas en carbohidratos,

además, posee glándulas salivales funcionales. Este segregado de la colmena presenta un aguijón modificado que lo utilizan para defensa de su organización, de la reina y los huevos fértiles, las obreras presentan un aparato digestivo especializado para transportar néctar (Wu, y otros, 2023).

Las funciones de las obreras dependerán de la edad, y la jerarquía que estas logren en la organización, considerando que de 1 a 3 días, son las encargadas de la limpieza de celdas y termorregulación de las células, abejas de 4 a 10 días, realizan los procesos de alimentación de larvas por lo cual se les conoce como nodrizas, además, entre los 11 y 17 días desempeñan labores de construcción de panales y refaccionamiento de celdas damnificadas, aunque también son las encargadas del procesamiento de néctar y recepción de polen (Ahmad *et al.*, 2021).

Abejas con una edad de más de 18 días, realizan el pecoreo y recolección de recursos como el agua, néctar, polen y propóleos. Es considerable mencionar que este segmento de la colmena es el más numeroso y pueden vivir entre 4 a 6 semanas en época activa, y hasta 6 meses en condiciones invernales (Ahmad *et al.*, 2021).

#### **2.4.4.3. Zángano**

Esta casta se caracteriza por presentar un cuerpo voluminoso, ojos compuestos grandes, aparato reproductor desarrollado, es la única abeja adulta que no posee aguijón ni glándulas cereras. Su función es fecundar de forma repetida a la reina en el vuelo nupcial. Estas abejas mueren tras la cópula o son expulsados de la colmena cuando finaliza la temporada reproductiva. Es destacable mencionar que no participan en la recolección ni cuidado de la cría, por lo que, para la colmena son de cierto modo inservibles (Torresani *et al.*, 2023).

### **2.5. Proceso de producción de miel**

La producción de miel en *Apis mellifera* es un proceso complejo, altamente coordinado a nivel fisiológico, bioquímico y social. Inicia con la recolección de néctar floral y culmina con la deshidratación y almacenamiento de miel madura dentro de las celdas de cera. Este proceso implica una interacción especializada entre las obreras pecoreadoras y las obreras receptoras a nivel de intra-colmena, además del uso de enzimas digestivas producidas por glándulas salivales de las abejas (Tadesse *et al.*, 2021).

Este proceso es desempeñado principalmente por las obreras pecoreadoras y receptoras o procesadoras, las abejas pecoreadoras salen de la colmena para recolectar néctar, polen, agua y propóleos. Su principal característica es que poseen un aparato bucal tipo lamedor-chupador, adaptado a la succión del néctar desde las glándulas nectarías de las flores, una vez recolectado, el néctar es almacenado en el buche melario (proventrículo), un reservorio especializado que no se mezcla con la digestión (Chekol *et al.*, 2022).

Posteriormente las obreras receptoras Reciben el néctar directamente por trofalaxia que en principio es un proceso de regurgitación de boca a boca, desde las pecoreadoras. Las abejas receptoras son responsables de iniciar el procesamiento enzimático y la evaporación del agua, sin embargo, en este proceso (Chekol *et al.*, 2022).

### **2.5.1. Procesos bioquímicos en la producción de miel**

Estos procesos son condiciones biológicas sumamente meticulosas realizadas por la clase obrera de la colmena, en donde se involucran procesos de: Hidrólisis de la sacarosa, oxidación parcial de la glucosa, evaporación controlada, estabilización y sellado bioquímico y transformaciones posteriores (Alaerjani *et al.*, 2022).

#### **2.5.1.1. Hidrólisis de la sacarosa: acción de la enzima invertasa**

El néctar floral contiene principalmente sacarosa, un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa. Durante la transferencia del néctar por trofalaxia, las abejas obreras secretan invertasa (EC 3.2.1.26), una enzima glucosidasa que cataliza la siguiente reacción: Sacarosa + H<sub>2</sub>O → Glucosa + Fructosa. Esta reacción de hidrólisis provoca que se dé una disminución en el contenido de sacarosa del néctar, provocando un aumento en la proporción de azúcares simples, lo cual mejora la viscosidad y la capacidad de almacenamiento de la miel (Pavlovic *et al.*, 2025).

### **2.5.1.2. Oxidación parcial de la glucosa: formación de ácido glucónico y peróxido de hidrógeno**

La glucosa oxidasa (GOx; EC 1.1.3.4), también secretada por las glándulas salivales, cataliza la siguiente reacción:  $\text{Glucosa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Ácido glucónico} + \text{H}_2\text{O}_2$  (peróxido de hidrógeno) (Osés *et al.*, 2024).

Este proceso tiene dos implicaciones moleculares clave, primero, la formación de ácido glucónico el cual desempeña la función de disminuir el pH de la miel en valores comprendidos entre 3.2 y 4.5, lo que favorablemente crea un entorno hostil para bacterias y hongos oportunistas. El peróxido de hidrógeno actúa como un agente antimicrobiano natural, contribuyendo al sistema de defensa bioquímica de la miel. Este sistema enzimático permite que la miel tenga propiedades bacteriostáticas sin necesidad de conservantes artificiales (Hussein *et al.*, 2022).

### **2.5.1.3. Evaporación controlada: concentración osmótica**

Si bien no es un proceso enzimático, la evaporación del agua es fundamental en la producción de miel, gracias a la ventilación generada por el batido de alas, las abejas disminuyen el contenido de humedad del néctar de aproximadamente entre un 60 y un 80% hasta un rango inferior al 18% o 20%. Consecuentemente, el aumento de la presión osmótica dificulta el crecimiento de microorganismos, el efecto del peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y del pH ácido (Proaño *et al.*, 2021).

### **2.5.1.4. Estabilización y sellado bioquímico**

Una vez depositada la miel en la celdilla, y cuando esta alcanza su punto de madurez: Presenta baja actividad de agua ( $a_w < 0.6$ ), lo que impide reacciones hidrolíticas o fermentativas espontáneas, por lo que presenta una alta viscosidad, que reduce la movilidad de enzimas o microbios contaminantes (Afroz *et al.*, 2023).

La miel cuando ha pasado por estos procesos bioquímicos es rica en componentes como: Flavonoides de los que se destacan la quercetina y kaempferol, así como ácidos fenólicos de los cuales el ácido cafeico y el ácido ferúlico son los más importantes, aunque también de forma natural presentan concentraciones mínimas de Vitaminas B2, B6 y ácido fólico que tienen funciones coenzimáticas, y en cierta

proporción aminoácidos libres, como la prolina, usada como marcador de madurez de la miel (Almasaudi, 2021).

#### 2.5.1.5. Transformaciones posteriores

Una vez sellada, la miel puede sufrir cambios muy lentos si se expone a calor o envejece, de los cuales se reconoce principalmente (Bellik, 2022):

- Formación de HMF (hidroximetilfurfural) por descomposición de azúcares.
- Reacciones de Maillard si hay calor y proteínas presentes.
- Reducción progresiva de la actividad enzimática, especialmente de la diastasa y la invertasa (Bellik, 2022).

#### 2.6. Evaluación química de la miel

La calidad de la miel se determina mediante una serie de análisis físico-químicos, enzimáticos y microbiológicos, los cuales permiten establecer su origen, grado de maduración, frescura, pureza, y posibles adulteraciones. Estos análisis están regulados por normas como el Codex Alimentarius (FAO/OMS), las directrices de la Unión Europea (EC 2001/110) y por normativas nacionales (Iruoghene *et al.*, 2022).

#### Tabla 2.

*Parámetros de evaluación de la calidad de la miel.*

Parámetro	Valor estándar
Humedad	$\leq 20\%$
Fructosa + Glucosa	$\geq 60\%$
Sacarosa	$\leq 5\%$ (normal), $\leq 10\%$ (excepcional)
pH	3.2–4.5
HMF	$\leq 40$ mg/kg

<b>Parámetro</b>	<b>Valor estándar</b>
Diastasa (DN)	$\geq 8$ unidades
Prolina	$\geq 180$ mg/kg
Conductividad	$\leq 0.8$ mS/cm

Fuente: (Al-Kafaween *et al.*, 2023), Physicochemical characteristics and bioactive compounds of different types of honey and their biological and therapeutic properties: a comprehensive review.

## **2.7. Varroasis**

La varroasis es una enfermedad parasitaria que afecta a las colonias de abejas melíferas, causada por el ácaro ectoparásito *Varroa destructor*. Este patógeno externo ha sido considerado uno de los principales factores implicados en el colapso de colonias a nivel mundial debido a su capacidad de multiplicarse rápidamente, su alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y su habilidad para debilitar el sistema inmunológico de las abejas. La infestación por *Varroa* no solo produce daño físico directo al alimentarse de la hemolinfa y tejidos grasos de las abejas adultas y cría, sino que también facilita la transmisión de diversos virus altamente patógenos, exacerbando su impacto sobre la salud de las colonias. Su control representa uno de los mayores desafíos para la apicultura moderna y requiere estrategias integradas basadas en conocimiento biológico, molecular y ecológico del parásito y del hospedador (Warner *et al.*, 2024).

### **2.7.1. Taxonomía y morfología del parásito**

*Varroa destructor* es un ácaro ectoparásito que pertenece al filo Arthropoda, clase Arachnida, orden Mesostigmata y familia Varroidae. Su cuerpo es ovalado, aplanado dorsoventralmente, de color marrón rojizo y con una longitud promedio de 1 a 1.5 mm. Esta morfología le permite insertarse fácilmente entre los segmentos abdominales del tórax de las abejas, dificultando su detección. El dimorfismo sexual es marcado, siendo la hembra significativamente más grande que el macho. El ciclo vital transcurre principalmente en la cría operculada, aunque las hembras adultas también parasitan abejas adultas para alimentarse (Flores *et al.*, 2021).

### **2.7.2. Ciclo de vida de *Varroa destructor***

El ácaro *Varroa destructor* posee un ciclo de vida estrechamente acoplado al desarrollo de la cría de abejas. La fase reproductiva tiene lugar dentro de las celdas operculadas, donde las hembras fundadoras penetran justo antes del sellado y depositan sucesivamente huevos sobre la larva huésped. El primer huevo da lugar a un macho, seguido por hembras fértiles, que se aparean con su hermano antes de abandonar la celda. Solo las hembras maduras sobreviven fuera de la cría, parasitando abejas adultas para alimentarse y dispersarse hacia nuevas celdas. Este ciclo, que se completa en pocos días (Morfin *et al.*, 2023).

### **2.7.3. Coinfección viral**

Uno de los efectos más perjudiciales de la infestación por *Varroa destructor* es su papel como vector de diversos virus patógenos, entre ellos el Virus de las Alas Deformadas (DWV). El ácaro actúa como amplificador viral al facilitar la replicación y la transmisión directa de partículas virales entre las abejas, tanto en su etapa pupal como adulta. Esta coinfección no solo compromete la fisiología individual de las abejas, provocando malformaciones y reducción de la longevidad, sino que también genera una inmunodepresión generalizada en la colonia, exacerbando la susceptibilidad a otros agentes patógenos y al estrés ambiental (Piou *et al.*, 2022).

### **2.7.4. Establecimiento de la parasitosis**

La infestación comienza cuando la hembra fecundada accede a las celdas de cría en estado larval, justo antes del operculado. Prefiere la cría de zánganos debido al mayor tiempo de desarrollo, lo cual favorece una reproducción más exitosa. Dentro de la celda, la hembra deposita una secuencia de huevos a intervalos de 30 horas, dando lugar a descendencia masculina y femenina. La copulación ocurre dentro de la celda, y las hembras emergentes ya fecundadas abandonan la celda junto con la abeja adulta. Este ciclo genera un incremento exponencial de la población de ácaros si no se establece un control adecuado (Reams & Rangel, 2022).

### **2.7.5. Eventos etiológicos y mecanismos moleculares de patogenicidad**

El efecto patógeno de *Varroa destructor* no se limita a la succión hemolinfática. Estudios recientes han demostrado que este ácaro se alimenta preferentemente del tejido adiposo, órgano central en la regulación metabólica e inmunológica de la abeja. Durante la alimentación, el ácaro introduce saliva que contiene proteínas inmunosupresoras y enzimas hidrolíticas que modulan negativamente la respuesta inflamatoria y alteran la homeostasis celular del hospedero (Damayo *et al.*, 2023).

### **2.7.6. Fisiopatología en la abeja infestada y efectos en la colonia**

Las abejas infestadas durante su etapa de desarrollo sufren malformaciones morfológicas (alas deformadas, abdomen atrofiado), reducción de la masa corporal y alteraciones neuromusculares. En adultos, esto se traduce en menor capacidad para orientarse, menor rendimiento en pecoreo, fatiga temprana y elevada mortalidad prematura. A nivel de colonia, estos efectos se acumulan y provocan una reducción significativa en la tasa de renovación de abejas, debilitamiento del núcleo poblacional y eventual colapso si no se interviene. La cría de zánganos altamente parasitada también afecta negativamente la calidad del material genético disponible para la reproducción, afectando la calidad de la descendencia (Kang *et al.*, 2024).

### **2.7.7. Modulación inmune de la abeja**

El ataque de *Varroa destructor* compromete el sistema inmunológico de la abeja al perforar su cutícula y consumir hemolinfa, generando una respuesta inflamatoria y desregulación en la expresión de genes clave involucrados en la inmunidad innata. Se ha observado una supresión de péptidos antimicrobianos y la activación desbalanceada de rutas de señalización como la Toll y la Imd. Esta inmunomodulación no solo limita la capacidad de respuesta frente al ácaro, sino que agrava la susceptibilidad frente a virus y bacterias oportunistas, acelerando la pérdida de vitalidad en la colonia (Guzman *et al.*, 2024).

### **2.7.8. Métodos diagnósticos**

La detección temprana es clave para un manejo efectivo. Se emplean distintos métodos, siendo los más comunes el lavado de abejas adultas con soluciones detergentes o alcohol isopropílico, para contar los ácaros presentes por cada 100

abejas. También se recurre al conteo en láminas adhesivas colocadas en el fondo de las colmenas, lo cual permite monitorear la caída diaria de ácaros y establecer umbrales epidemiológicos. Otro método utilizado es la inspección de cría operculada, donde se puede observar directamente la presencia de ácaros en desarrollo, proporcionando una idea clara del nivel de infestación en la fase reproductiva (Lester, 2023).

### **2.7.9. Perspectiva general y desafíos actuales**

La varroasis continúa siendo la amenaza parasitaria más importante para la apicultura mundial. Su capacidad para comprometer no solo la salud individual de las abejas, sino también la estabilidad inmunológica de la colonia exige enfoques integrados que combinen monitoreo riguroso, tratamientos efectivos y cría selectiva. La principal dificultad radica en desarrollar métodos de control eficaces, económicos, seguros y de fácil aplicación en diferentes contextos geográficos y productivos (Doublet *et al.*, 2024).

### **2.7.10. Impacto económico y ecológico de la varroasis**

La varroasis es considerada una de las principales amenazas para la viabilidad económica de la apicultura a nivel global. La infestación severa de colmenas reduce significativamente la producción de miel, jalea real y cera, además de incrementar la mortalidad invernal y disminuir la longevidad de las abejas obreras. Desde el punto de vista ecológico, las pérdidas de colonias causadas por *Varroa* disminuyen la capacidad polinizadora de los ecosistemas, afectando cultivos dependientes de insectos para la producción frutal y semillera. Esta merma repercute negativamente sobre la biodiversidad vegetal y los servicios ecosistémicos que las abejas proporcionan (Gebremedhn *et al.*, 2025).

En zonas de alta presión de infestación, se ha registrado un colapso masivo de colmenas en menos de tres ciclos reproductivos del ácaro, generando pérdidas económicas anuales millonarias y desencadenando efectos en cascada sobre la seguridad alimentaria regional (Flores *et al.*, 2021).

### **2.7.11. Influencia del cambio climático en la dinámica de Varroa**

El cambio climático ha alterado la fenología y la dinámica de reproducción tanto de las abejas como del ácaro *Varroa destructor*. El incremento de las temperaturas medias en zonas templadas ha prolongado la temporada de cría de las abejas, lo que, en consecuencia, extiende las oportunidades reproductivas para el ácaro. En climas cálidos y húmedos, el ciclo de desarrollo del *Varroa* se acorta, permitiendo una mayor tasa de reproducción anual (Hernández *et al.*, 2024).

Los inviernos menos severos reducen la mortalidad natural del parásito, facilitando su supervivencia entre temporadas. Estas condiciones no solo favorecen el crecimiento exponencial de las poblaciones de *Varroa*, sino que también potencian la coinfección viral al mantenerse colonias por más tiempo (Bilik *et al.*, 2021).

### **2.7.12. Desarrollo de nuevas terapias basadas en biotecnología**

El avance de la biotecnología ha permitido explorar nuevas estrategias terapéuticas contra *Varroa destructor* que van más allá del uso convencional de acaricidas químicos. Uno de los enfoques más prometedores es el silenciamiento génico mediante ARN de interferencia (RNAi), técnica que permite inhibir genes esenciales del ácaro al suministrar pequeñas secuencias de ARN complementarias a través del alimento de las abejas. También se investigan péptidos sintéticos que imitan proteínas del sistema inmune de las abejas para estimular una respuesta específica contra el parásito (Hybl *et al.*, 2021).

Otras líneas de investigación incluyen la aplicación de bacterias simbióticas genéticamente modificadas para expresar toxinas selectivas o inhibidores enzimáticos dentro del intestino del ácaro. Por otro lado, la nanotecnología ha permitido desarrollar formulaciones acaricidas encapsuladas que liberan el compuesto activo de forma controlada, reduciendo la toxicidad ambiental y mejorando la eficacia del tratamiento (Qadir *et al.*, 2021).

### **2.7.13. Mejoramiento genético y selección de abejas resistentes**

Una vía prometedora para enfrentar la varroasis es la selección genética de abejas con características de resistencia natural, como el comportamiento higiénico, la supresión de la reproducción del ácaro (Suppressed Mite Reproduction, SMR) o la

capacidad de desopercular y remover cría infestada. Estos rasgos, que pueden ser incorporados mediante programas de cría selectiva o hibridación con líneas resistentes como *Apis mellifera carnica* o *ligustica*, permiten reducir la dependencia de tratamientos químicos. La implementación de estas líneas genéticas, junto con prácticas de manejo apropiadas, podría ofrecer una solución sostenible a largo plazo frente a la varroasis (Alphen & Fernhout, 2020).

#### **2.7.14. Métodos avanzados de monitoreo poblacional de *Varroa***

El monitoreo eficiente de las poblaciones de *Varroa destructor* es fundamental para una gestión integrada y sostenible. Si bien métodos tradicionales como el conteo de ácaros en láminas pegajosas o lavado con alcohol siguen siendo útiles, actualmente se desarrollan tecnologías más precisas. El uso de qPCR permite detectar cargas virales asociadas a *Varroa* con alta sensibilidad, lo que aporta datos indirectos sobre la presión parasitaria. Además, se están empleando algoritmos de visión artificial para analizar imágenes de cría y detectar signos tempranos de infestación. Sensores ambientales colocados dentro de la colmena, que registran variaciones de temperatura y humedad, también pueden identificar patrones compatibles con la actividad del ácaro. Estos métodos modernos no solo permiten cuantificar la infestación con mayor exactitud, sino también tomar decisiones basadas en umbrales epidemiológicos ajustados a cada región y estación (Jack *et al.*, 2023).

#### **2.7.15. Tratamientos y estrategias de prevención**

El control químico ha sido históricamente el más utilizado. Los acaricidas sintéticos como el amitraz, flumetrina y coumafós ofrecen alta eficacia, pero su uso continuo ha favorecido la aparición de resistencia en muchas regiones (Medina *et al.*, 2024). Como alternativa, se han introducido tratamientos basados en compuestos orgánicos como ácido oxálico, ácido fórmico y timol, que ofrecen menor riesgo de residuos y menor impacto sobre el microbiota de la colmena. El tratamiento debe aplicarse en momentos estratégicos del ciclo biológico del ácaro, preferiblemente en ausencia de cría operculada. Las estrategias biotecnológicas, como la cría de abejas con comportamiento higiénico mejorado (capacidad de detectar y remover cría parasitada), son fundamentales para el control sostenible a largo plazo (Hernandez *et al.*, 2022).

### **2.7.16. Resistencia de *Varroa* a acaricidas convencionales**

El uso prolongado y repetitivo de acaricidas sintéticos ha ejercido una fuerte presión selectiva sobre las poblaciones de *Varroa destructor*, favoreciendo la aparición de cepas resistentes. Este fenómeno se ha documentado para productos como la fluvalinato, amitraz y coumafos, cuyos mecanismos de acción pueden ser evadidos por mutaciones en receptores neurológicos del ácaro, sobreexpresión de enzimas detoxificantes o alteraciones en la permeabilidad cuticular. Esta resistencia representa un grave desafío sanitario, pues reduce significativamente la eficacia de los tratamientos convencionales y obliga al uso combinado o rotativo de sustancias con diferentes modos de acción (Kosch *et al.*, 2024).

### **2.7.17. Tratamientos naturales**

#### **2.7.17.1. Ácidos orgánicos**

Los ácidos orgánicos, especialmente el ácido oxálico y el ácido fórmico, son ampliamente utilizados como alternativas naturales para reducir la carga de *Varroa destructor*, especialmente cuando la cría está ausente. El ácido oxálico al 3,2 % aplicado mediante goteo o vaporización invernal ha demostrado niveles de eficacia superiores al 90 %, especialmente en condiciones de bajas temperaturas, y no genera resistencia conocida. Por su parte, el ácido fórmico puede penetrar en las celdas operculadas y lograr tasas de mortalidad elevadas, aunque su eficacia es muy dependiente de la temperatura ambiente y la dinámica de la cría (Caula & Caula, 2022).

#### **2.7.17.2. Aceites esenciales y extractos vegetales**

Se han evaluado múltiples aceites esenciales como control biológico natural. El timol (de *Thymus vulgaris*) alcanza mortalidades entre el 76 % y el 90 % cuando se usan tabletas evaporativas, aunque su eficacia mejora con temperaturas entre 20 °C y 30 °C. Estudios recientes muestran que aceites de menta, manuka, orégano, litsea, zanahoria y canela alcanzan selectividad tan buena o mejor que el timol, con efectos elevados sobre el ácaro y escasa toxicidad para las abejas (Fahad *et al.*, 2024).

### **2.7.17.3. Extractos botánicos y métodos empíricos**

Especialistas han explorado el uso de extractos alcohólicos o acuosos de plantas como ortiga (*Urtica dioica*), jatropha (*Jatropha curcas*) y bergamota (*Citrus bergamia*). El uso de extracto de ortiga rociado dentro del panal redujo significativamente la infestación sin dañar a las abejas. Los extractos de jatropha presentan actividad acaricida en laboratorio y campo, aunque se requieren más ensayos para validar su seguridad y dosis (Sakla *et al.*, 2025).

### **2.7.17.4. Polvos e inertización con azúcar**

El uso de polvos aglutinantes como polvo de azúcar glas o cebada dentro de las colmenas estimula el acicalamiento de las abejas y favorece el desprendimiento natural del ácaro. Estudios muestran reducciones significativas en la carga parasitaria, sin causar daño a las colmenas y mejorando la limpieza del nido (Cournoyer *et al.*, 2022).

## **2.8. Uso de ácido oxálico en el control de *Varroa destructor***

El ácido oxálico ( $C_2H_2O_4$ ) es un compuesto orgánico dicarboxílico que se encuentra de forma natural en muchas plantas (como el ruibarbo y la espinaca) y ha demostrado una elevada eficacia como acaricida contra *Varroa destructor*, uno de los parásitos más perjudiciales para las colonias de *Apis mellifera*. Su uso en apicultura está avalado por diversas investigaciones y reglamentos internacionales, siendo uno de los tratamientos orgánicos más empleados en sistemas de producción sustentables (Branchiccela *et al.*, 2025).

### **2.8.1. Mecanismo de acción**

El ácido oxálico actúa de manera tóxica por contacto directo con el exoesqueleto del ácaro. Su modo de acción no depende de un mecanismo neurotóxico convencional, como ocurre con los acaricidas sintéticos, sino que parece alterar la integridad del tegumento del ácaro, provocando deshidratación, alteraciones metabólicas y finalmente la muerte (Berry *et al.*, 2022).

Cabe destacar que el ácido oxálico no penetra la cera ni atraviesa las celdas operculadas, por lo que es especialmente efectivo contra ácaros que se encuentran en fase forética, es decir, adheridos al cuerpo de las abejas adultas. Por esta razón,

su eficacia es mayor en periodos donde la colmena presenta mínima o nula cría operculada (Kanelis *et al.*, 2022).

### **2.8.2. Formas de aplicación**

La eficacia del ácido oxálico depende de varios factores, entre ellos el método de aplicación, la presencia de cría y el grado de infestación. El ácido oxálico puede aplicarse mediante diferentes métodos, cada uno con características particulares:

**Goteo:** consiste en aplicar una solución de ácido oxálico entre el 3.2% y 4.2% disuelta en agua y azúcar (jarabe 1:1), directamente sobre las abejas en los espacios entre cuadros, utilizando una jeringa o frasco dosificador, su principal ventaja es que es económico y fácil de aplicar. Sin embargo, las desventajas son relacionadas a su toxicidad si se repite en corto tiempo o también una eficacia reducida en colmenas con cría (Evans *et al.*, 2021).

**Vaporización o sublimación:** Implica el uso de un vaporizador que calienta el ácido oxálico sólido, generando vapores que se introducen en la colmena cerrada. Este método permite una distribución uniforme del compuesto en el interior del panal, su principal ventaja es que tiene una muy alta eficacia que puede ser >90% en condiciones óptimas, suele ser oportunamente aplicado en invierno. Las principales desventajas reconocibles es que para su aplicación se requiere de equipo especializado y protección respiratoria (Pietropaoli & Formato, 2021).

El ácido oxálico es una herramienta efectiva, segura y accesible para el control de *Varroa destructor*, especialmente en sistemas de apicultura orgánica o de bajo impacto. Su aplicación debe ser estratégica, preferentemente en ausencia de cría operculada o en ciclos múltiples para cubrir todas las fases del ácaro. Una correcta dosificación y elección del método son fundamentales para garantizar la salud de la colonia y evitar efectos adversos (Kosch *et al.*, 2024).

### **2.9. Uso de ácido fórmico en el control de *Varroa destructor***

El ácido fórmico es un compuesto orgánico de origen natural presente en algunos vegetales, frutas y en el veneno de ciertas especies de insectos (como las hormigas, de ahí su nombre). En apicultura, ha sido empleado con éxito como un acaricida orgánico de amplio espectro, aprobado por diversas normativas internacionales

(como el Organic Materials Review Institute, OMRI), para el control del ácaro *Varroa destructor* (Steube *et al.*, 2021).

### **2.9.1. Mecanismo de acción**

El ácido fórmico actúa principalmente por fase gaseosa (vapor). A temperatura ambiente se volatiliza, penetrando en toda la colmena y alcanzando incluso a los ácaros en desarrollo dentro de las celdas operculadas, lo cual constituye una de sus mayores ventajas frente a otros acaricidas (Genath *et al.*, 2021).

- Alteraciones en el metabolismo ácido-base del ácaro (Genath *et al.*, 2021).
- Disrupción enzimática y daño a nivel mitocondrial (Genath *et al.*, 2021).
- Acidosis sistémica letal (Genath *et al.*, 2021).
- Este modo de acción también puede afectar a las abejas si no se controla adecuadamente la concentración (Genath *et al.*, 2021).

### **2.9.2. Método de aplicación**

El ácido fórmico se puede aplicar en colmenas mediante diferentes sistemas diseñados para liberación controlada del vapor. Las formas más comunes son:

Tiras o almohadillas impregnadas (formulaciones comerciales) Ej: MiteAway Quick Strips® (MAQS) o FormicPro®. Consisten en tiras celulósicas impregnadas con ácido fórmico al 65%, colocadas sobre los cuadros centrales del panal. Liberan vapores de forma controlada durante 7 a 10 días (Cabbri *et al.*, 2021).

Evaporación en envases de liberación lenta (tratamientos artesanales o adaptados) Se coloca una esponja o material absorbente con una dosis medida (30–50 mL) de ácido fórmico líquido en el centro de la colmena. Se regula la tasa de evaporación en función de la temperatura ambiental (ideal entre 10 y 29 °C) (Hendriksma *et al.*, 2023).

El uso de ácido fórmico requiere manejo cuidadoso, ya que es un compuesto volátil e irritante. Su aplicación debe ajustarse a condiciones ambientales y características de la colmena (Sankovitz *et al.*, 2025).

Temperatura ambiente: la eficacia y seguridad están condicionadas a temperaturas entre 10 °C y 29 °C. Temperaturas superiores pueden causar toxicidad en abejas (Sankovitz *et al.*, 2025).

- Ventilación: colmenas bien ventiladas minimizan el estrés térmico y reducen la acumulación de vapores.
- Riesgo de efectos adversos: si la evaporación es demasiado rápida o la dosis es elevada, puede haber:
- Pérdida de abejas adultas.
- Rechazo de la reina o muerte de cría (Sankovitz *et al.*, 2025).

## **2.10. Uso de amitraz en el control de *Varroa destructor***

El amitraz es un compuesto químico sintético perteneciente al grupo de las amidas formamidinas, desarrollado originalmente como acaricida y pesticida de amplio espectro para uso en medicina veterinaria y agricultura (Hernández *et al.*, 2021).

### **2.10.1. Mecanismo de acción**

El amitraz actúa principalmente como agonista de los receptores octopaminérgicos del sistema nervioso del ácaro. La octopamina es un neurotransmisor exclusivo de invertebrados, y su activación excesiva por amitraz provoca (Marsky *et al.*, 2024):

- Hiperexcitación neuromuscular
- Parálisis progresiva
- Disfunción motora irreversible
- Muerte del parásito (Marsky *et al.*, 2024).

Este modo de acción es altamente selectivo para los ácaros, lo que lo convierte en un fármaco eficaz y con menor impacto sobre las abejas adultas cuando se emplea correctamente. Sin embargo, no es inocuo y puede producir alteraciones subletales en la fisiología de las abejas si se abusa de su aplicación (Almecija *et al.*, 2024).

### **2.10.2. Formas de aplicación**

El amitraz puede ser utilizado en colmenas a través de distintos formatos, ya sea mediante productos comerciales registrados o mediante métodos artesanales, los cuales deben seguir rigurosamente las recomendaciones (Aurell *et al.*, 2024):

- **Tiras impregnadas**

Tiras comerciales se colocan entre los cuadros del nido de cría, donde liberan amitraz por contacto durante un período de 6 a 10 semanas. Las abejas, al rozar las tiras, distribuyen pequeñas cantidades del principio activo, afectando a los ácaros que se encuentran adheridos a su cuerpo (Rinkevich, 2024).

- **Fumigación (menos recomendada)**

Algunas prácticas artesanales implican quemar tabletas con amitraz (como Tactic® o formulaciones veterinarias) dentro de la colmena. Esta técnica libera vapores tóxicos que eliminan ácaros, pero también pueden generar residuos y estrés térmico si se realiza mal (Bertola & Mutinelli, 2025).

### **2.10.3. Consideraciones técnicas**

A pesar de su efectividad, el amitraz conlleva riesgos importantes si no se utiliza de forma racional y con criterios técnicos adecuados:

- **Residuos en cera y miel**

Si se aplica fuera de los períodos autorizados o en dosis inadecuadas, puede dejar trazas detectables en productos apícolas. Estos residuos representan un problema tanto para la comercialización como para la salud del consumidor y deben ser controlados por análisis de residuos (Bahreini *et al.*, 2025).

- **Toxicidad subletal para las abejas**

Algunos estudios han reportado que el amitraz puede afectar la comunicación química de las abejas, interferir en el comportamiento de limpieza, reducir la viabilidad espermática de los zánganos y alterar la longevidad de las obreras (Brodschneider *et al.*, 2023).

- **Desarrollo de resistencia**

En zonas donde se ha usado de forma intensiva durante muchos años, se ha documentado la aparición de cepas de *Varroa* resistentes al amitraz. Esto puede deberse a mutaciones en los receptores octopaminérgicos o a mecanismos de detoxificación enzimática (Brodschneider *et al.*, 2023).

El amitraz es uno de los acaricidas más eficaces y utilizados en la apicultura convencional para el control de *Varroa destructor*. Sin embargo, su uso debe ser cuidadoso, regulado y estratégicamente integrado dentro de un programa de manejo que considere la rotación de principios activos, la prevención de residuos en productos apícolas y la preservación de la salud de la colonia. Su alta eficacia lo convierte en una herramienta clave, pero su aplicación indiscriminada puede derivar en efectos colaterales y pérdida de efectividad a largo plazo (Kosch *et al.*, 2024).

## **2.11. Uso de tiras de piretroides en el control de *Varroa destructor***

Los piretroides sintéticos son una clase de insecticidas neurotóxicos derivados estructuralmente de las piretrinas naturales, presentes en flores del género *Chrysanthemum*. En apicultura, han sido formulados como tiras plásticas impregnadas que liberan gradualmente el principio activo dentro de la colmena, siendo una de las primeras soluciones exitosas aplicadas de forma masiva para combatir *Varroa destructor* (Vlogiannitis *et al.*, 2021).

### **2.11.1. Mecanismo de acción**

Los piretroides actúan sobre el sistema nervioso de los ácaros, interfiriendo en la transmisión de impulsos eléctricos a través de los canales de sodio dependientes de voltaje. Al prolongar la apertura de estos canales (Benito *et al.*, 2021):

- Se induce una hiperexcitación neuronal (Benito *et al.*, 2021).
- Posteriormente una parálisis flácida (Benito *et al.*, 2021).
- Y finalmente la muerte del parásito (Benito *et al.*, 2021).

Este mecanismo es rápido y altamente letal para los ácaros adultos, tanto foréticos como aquellos en contacto con abejas tratadas. Las abejas tienen cierta tolerancia a estos compuestos, aunque no están exentas de efectos subletales (Benito *et al.*, 2021).

### 2.11.2. Forma de aplicación

Las tiras de piretroides vienen listas para usar, diseñadas para colocarse entre los cuadros del nido de cría, donde haya mayor tránsito de abejas. Las obreras, al rozar las tiras, recogen partículas del compuesto y lo diseminan por la colmena (Koc *et al.*, 2021).

- Se colocan 2 tiras por colmena (de 10 cuadros), entre los cuadros centrales.
- Se dejan entre 6 y 8 semanas en la colmena.
- Se recomienda retirar las tiras después del tiempo indicado, para evitar residuos persistentes.
- No deben colocarse durante la producción de miel destinada a consumo humano (Koc *et al.*, 2021).

### 2.11.3. Riesgos y limitaciones

El problema más crítico del uso prolongado de piretroides es el desarrollo de resistencia genética en las poblaciones de *Varroa*. Se ha identificado la mutación conocida como "kdr" (knockdown resistance) en los canales de sodio del ácaro, que reduce la sensibilidad a estos compuestos. Colonias infestadas con *Varroa* resistente pueden mostrar baja mortalidad a pesar del tratamiento. En muchos países se han retirado estos productos como primera línea de control debido a este fenómeno. Residuos lipofílicos en cera: Los piretroides son altamente lipofílicos, lo que significa que se acumulan en la cera, incluso después de retirar las tiras. Esto puede alterar la calidad de los productos apícolas y tener efectos negativos a largo plazo sobre la salud de las abejas (Morfin *et al.*, 2022).

- **Toxicidad subletal**

Aunque las abejas adultas toleran mejor los piretroides que los ácaros, existen efectos negativos reportados en la literatura (Bahreini *et al.*, 2022);

- Alteración del sistema inmune y el microbiota intestinal.
- Disminución en la vitalidad espermática de los zánganos.
- Cambios en el comportamiento de limpieza y orientación.

Las tiras impregnadas con piretroides representaron durante años una de las herramientas más eficaces y accesibles para el control de *Varroa destructor*. No obstante, su uso continuado y sin rotación ha reducido su efectividad en muchas regiones debido al desarrollo de resistencia y acumulación de residuos en los productos apícolas. A pesar de esto, siguen siendo útiles dentro de programas de manejo integrado, especialmente si se alternan con tratamientos orgánicos y se respetan las indicaciones técnicas (Bahreini *et al.*, 2022).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLOGÍCO

#### 3.1. Ubicación y características de la investigación

- **Localización del experimento**

La presente investigación se desarrolló en el apiario Arcángel San Miguel, el mismo que se ubica en el Barrio la Comunidad perteneciente al cantón Sango Miguel, de la provincia Bolívar.

- **Situación geográfica y edafoclimática**

##### **Coordenadas GMS**

Latitud	-1.714660
Longitud	-79.044042

##### **Condiciones meteorológicas**

Altitud media	2444 m s. n. m.
Precipitación promedio anual	1714mm.
Humedad relativa promedio anual	70-90%
Temperatura Máxima	23.8 °C
Temperatura Mínima	12.4°C
Temperatura Promedio	17.4 °C

Fuente: (Estación Meteorológica Laguacoto II, 2025)

- **Zona de Vida**

Según el geólogo L. Holdridge clasifico las zonas de vida de acuerdo con la humedad y precipitación y el cantón San Miguel donde se realizó el proyecto pertenece a la formación de Bosque húmedo Montano Bajo (BH-MB).

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Material en estudio

- 80 colmenas de abejas

### 3.2.2. Factores en estudio

**Factor A:** Abejas

**Factor B:** Acaricidas

**B1:** Ácido oxálico

**B2:** Ácido fórmico

**B3:** Amitraz

**B4:** Tiras de piretroides

### 3.2.3. Tratamientos

**Tabla 3.**

*Tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Factores</b>	<b>Descripción</b>
T0	A*B0	Testigo
T1	A*B1	Colmenas de abejas + Ácido oxálico
T2	A*B2	Colmenas de abejas + Ácido fórmico
T3	A*B3	Colmenas de abejas + Amitraz
T4	A*B4	Colmenas de abejas + Tiras de piretroides

**Tabla 4.***Descripción técnica del experimento*

<b>Detalle</b>	<b>Número</b>
Tratamientos	5
Repeticiones	16
Número de colmenas	80

**3.2.4. Tipo de diseño experimental**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conformado por cuatro tratamientos experimentales y un testigo. Para el análisis estadístico de las variables respuesta, se empleó un análisis de varianza con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticas entre tratamientos y bloques. Posteriormente, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Además, se aplicó una prueba de Chi-cuadrado para analizar la variable presencia de varroasis, con el objetivo de establecer asociaciones significativas entre los tratamientos y la infestación de *Varroa destructor*.

**Tabla 5.***Análisis de varianza*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Formula GL</b>	<b>GL</b>
Tratamientos	To-1	4
Bloques	B-1	15
Error	GL To* GL B	60
Total	To*B	79

### 3.2.5. Manejo de la investigación

- **Inspección de las colmenas**

Se trabajó con 80 colmenas, distribuidas en cinco tratamientos, donde se asignaron 16 colmenas aleatoriamente a cada grupo experimental, cumpliendo así con el diseño establecido para la investigación.

Antes de cada inspección, se utilizó el equipo de protección personal correspondiente, incluyendo overol apícola, velo, botas, guantes y ahumador previamente encendido, con el fin de garantizar una manipulación segura tanto para los investigadores como para las abejas.

En primera instancia, se procedió a la aplicación de humo en la entrada de la colmena, lo cual permitió tranquilizar a las abejas y facilitar la apertura de la tapa. A continuación, se llevó a cabo una inspección visual detallada de cada cuadro de cera, donde se observaron signos clínicos y características compatibles con infestación por *Varroa destructor*.

- **Toma de muestras**

Se tomó una muestra aleatoria de 200 abejas adultas por colmena, las cuales fueron recolectadas cuidadosamente y colocadas en frascos de vidrio individuales que contenían etanol al 70%, con el fin de inmovilizar y preservar tanto a las abejas como a los posibles ectoparásitos presentes.

Posteriormente, se realizó un proceso de tamizado mediante el uso de coladores de malla fina, técnica que permitió separar los ácaros de los cuerpos de las abejas mediante agitación controlada. Esta metodología es reconocida por su eficacia en la detección de *Varroa destructor*. A continuación, se efectuó un conteo manual del número total de ácaros recuperados por muestra, el cual fue registrado minuciosamente en la ficha técnica diseñada para el estudio.

- **Criterios para establecer la infestación**

A través del conteo directo de ácaros de *Varroa destructor* obtenidos por colmena, se determinaron tanto el número absoluto de ácaros como el porcentaje de infestación correspondiente a cada unidad experimental. Estos datos permitieron evaluar con precisión la carga parasitaria presente en las colmenas antes y después

de la aplicación de los tratamientos. Además, se consideraron los criterios de interpretación como se detalla en la siguiente tabla haciendo referencia del nivel de infestación, los cuales sirvieron como referencia para la interpretación técnica de los resultados obtenidos en esta investigación.

**Tabla 6.**

*Criterios de interpretación para varroasis*

<b>Nº de ácaros encontrados</b>	<b>% de infestación</b>	<b>Interpretación técnica</b>	<b>Recomendación</b>
0 – 1	0 – 0.5%	Muy bajo / tolerable	No se requiere tratamiento
2 – 3	1.0 – 1.5%	Bajo	Monitorizar mensualmente
4 – 5	2.0 – 2.5%	Moderado / umbral preventivo	Considerar tratamiento
6	3.0%	Límite superior tolerable	Iniciar tratamiento pronto
7 – 9	3.5 – 4.5%	Infestación significativa	Tratamiento inmediato
≥10	≥5.0%	Infestación severa / riesgosa	Tratamiento urgente y revisar toda la apiario

Fuente: Jong et al. (1982)

- **Aplicación de los tratamientos**

Se calentó el agua hasta alcanzar aproximadamente los 60 °C. Una vez alcanzada esta temperatura, se apagó la fuente de calor y se procedió a disolver el azúcar y el ácido oxálico en la solución. Esta mezcla fue administrada por goteo directamente sobre los cuadros de cría, ajustando la cantidad en función de la fortaleza de cada colmena, con una dosis aproximada de 5 ml por cada cuadro cubierto de abejas adultas.

Para la aplicación del ácido fórmico al 60%, se mezclaron 42 mililitros de ácido fórmico con 18 mililitros de agua destilada. Se utilizó algodón como medio de liberación controlada, el cual fue recortado en tiras de aproximadamente 15 cm de

largo por 15 cm de ancho. Estas tiras se colocaron dentro de un envase y se impregnaron con 60 mililitros de la solución preparada. Una vez humedecido el algodón, se introdujo en bolsas plásticas, las cuales fueron selladas utilizando una selladora eléctrica o, en su defecto, bolsas tipo ziploc, para permitir una liberación gradual del compuesto en el interior de la colmena.

Para el tratamiento contra *Varroa destructor*, se utilizaron 100 ml de Amitraz disueltos en medio litro de aceite comestible. La mezcla se preparó en un recipiente limpio y se introdujeron tiras de cartón prensado de 3 x 30 cm, las cuales fueron empapadas completamente para asegurar la impregnación del principio activo. Las tiras se dejaron reposar durante 24 horas y, posteriormente, fueron retiradas cuidadosamente para su colocación en las colmenas. Las tiras de piretroides fueron suspendidas en una posición central entre los cuadros de cría. En las colmenas tipo Langstroth, se colocó una tira entre los cuadros 3 y 4, y otra entre los cuadros 7 y 8 del cuerpo de la colmena.

- **Conteo de ácaros después de los tratamientos**

Se utilizó la metodología previamente descrita para el conteo de ácaros pretratamiento. Se tomaron 200 abejas de forma aleatoria, las cuales fueron sumergidas en etanol al 70%. Posteriormente, se realizó un tamizado y se contabilizó el número de ácaros *Varroa destructor* con la ayuda de una lupa. Finalmente, los datos fueron registrados en la ficha de registro.

- **Mortalidad de abejas**

Para el monitoreo del número de abejas muertas por cada tratamiento, se utilizó una metodología práctica mediante una cartulina impregnada de vaselina. En cada colmena se colocó una lámina de papel cartulina previamente recubierta con vaselina en el fondo del piso. Esta trampa permitió capturar los individuos que caían de forma natural o tras la acción de los tratamientos aplicados. Las láminas fueron retiradas cada 24 horas durante todo el periodo que duró el tratamiento correspondiente, y se reemplazaron por nuevas. El número de abejas capturadas fue contado manualmente, y los resultados se registraron en fichas técnicas por colmena para su análisis comparativo.

Para establecer el porcentaje de mortalidad, se estimó primero la población inicial de abejas antes del tratamiento. Para ello, se registró el peso total de la colmena y se le restó el peso de los cuadros y la tapa, obteniendo así el peso neto correspondiente a las abejas. Este valor se dividió para el peso promedio de una abeja (0,12 gramos) con el fin de estimar el número total de abejas por colmena. A partir de esta población estimada, se calculó el porcentaje de mortalidad según el número de abejas muertas recolectadas durante el periodo de evaluación. Esta estimación se la realizó con la siguiente ecuación:

$$\text{Mortalidad} = \frac{\text{Número de abejas muertas}}{\text{Población de abejas}} * 100$$

- **Análisis económico**

La estimación del análisis económico se basó en el registro detallado de todos los egresos contemplados en la investigación, incluyendo el valor de las colmenas, la indumentaria, los insumos y los equipos utilizados para la aplicación de los tratamientos. En este rubro también se consideraron los costos específicos de cada acaricida según el tratamiento correspondiente. Por otro lado, los ingresos se calcularon en función de la venta de miel, estimada a un valor de \$7 por litro, así como de otros productos apícolas derivados, como el propóleo y el polen.

### 3.2.6. Métodos de evaluación

**Peso de la colmena:** El peso de cada colmena se registró utilizando una balanza digital portátil con capacidad de hasta 150 kg y una precisión de 0,1 kg. Para ello, se levantó cuidadosamente cada colmena completa (incluyendo alzas, abejas, cuadros, cría y reservas) y se colocó sobre la balanza. La medición se realizó en horas de la mañana, antes del vuelo de pecoreo, para garantizar una mayor exactitud en el registro del peso real de la colonia. Este procedimiento se aplicó al inicio del experimento (día 0) y al finalizar el período de tratamiento (día 21), permitiendo comparar posibles variaciones en el peso atribuibles a los tratamientos.

**Presencia de *Varroa destructor*:** La presencia de *Varroa destructor* se determinó mediante el conteo de ácaros en una muestra aleatoria de 200 abejas adultas recolectadas por colmena. Las abejas fueron colocadas en frascos de vidrio que

contenían etanol al 70% para provocar el desprendimiento de los ácaros adheridos a su cuerpo. Se estimó se calculó dividiendo el número de ácaros hallados entre el número total de abejas analizadas, multiplicado por 100.

**Número de ácaros pretratamiento:** Previo al inicio del tratamiento, se evaluó la carga parasitaria de *Varroa destructor* mediante la técnica de lavado en alcohol. Las muestras se conformaron por la recolección aleatoria de 200 abejas adultas de cada colmena. Los datos obtenidos reflejaron el número total de ácaros presentes en la muestra antes de cualquier intervención terapéutica.

**Porcentaje de infestación pretratamiento:** con la determinación del valor del número de ácaros mediante conteo manual se determinó el porcentaje de infestación mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\# \text{ de ácaros contados}}{200} \times 100$$

**Número de ácaros post-tratamientos:** después de la aplicación de los tratamientos en las colmenas a corresponder según el protocolo de tratamientos, se evaluó la carga parasitaria de *Varroa destructor* mediante la técnica de lavado en alcohol de una muestra total de 200 abejas adultas, se tamizó la totalidad de ácaros y se contó manualmente, su valor fue registrado como cantidad de ácaros por colmena y se sumó la totalidad correspondiente al grupo experimental

**Porcentaje de infestación post-tratamiento:** después de la aplicación de los tratamientos se determinó el porcentaje de infestación de la colmena, considerando que para su efecto se desarrolló la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\# \text{ de ácaros contados}}{200} \times 100$$

**Mortalidad:** se determinó la proporción de abejas muertas por tratamiento mediante el análisis del valor obtenido del conteo de abejas muertas dividiéndolo para el valor de la población total y dicha expresión se multiplicó por 100 para determinar la tasa de mortalidad, como se detalla en la siguiente formula:

$$\text{Mortalidad} = \frac{\# \text{ de abejas muertas}}{\text{Totalidad de población}} \times 100$$

**Análisis económico:** se desarrolló mediante el establecimiento del indicador costo/beneficio (C/B) la obtención de los rubros referentes a los costos que conllevó cada proceso y de los ingresos mediante la venta de miel y derivados apícolas.

$$C/B \frac{\text{Costos totales}}{\text{Ingresos totales}} \times 100$$

### **3.2.7. Análisis de datos**

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el software SAS versión 9.4, el análisis de varianza permitió estimar los niveles de significancia asociados a los efectos de los tratamientos y bloques sobre las variables de respuesta. Complementariamente, se generaron gráficos de barras para representar la distribución de frecuencias y porcentajes de cada parámetro evaluado, facilitando la interpretación visual de los resultados.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Interpretación de resultados

##### 4.1.1. Peso de la colmena

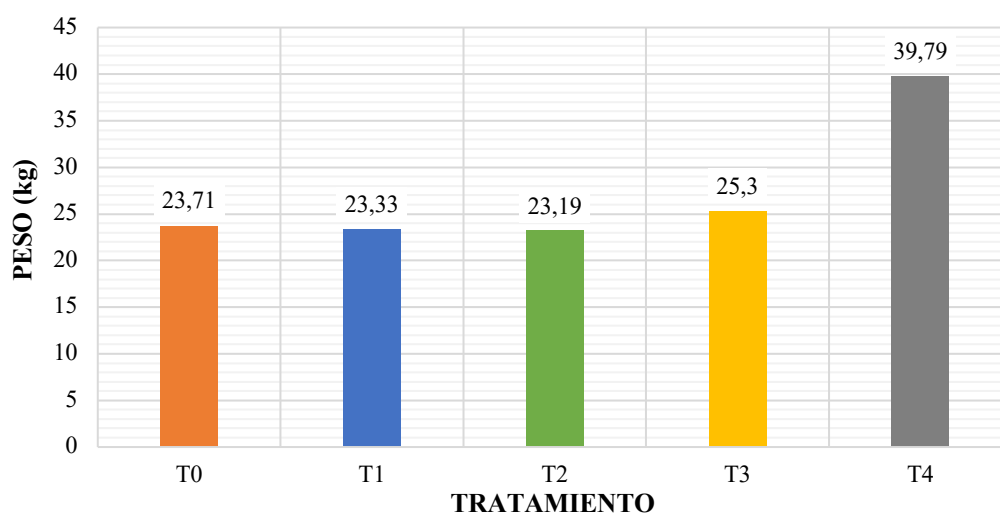
Tabla 7.

*Análisis de varianza del peso (kg) de la colmena*

Tratamientos	Tukey	Fuente de variación a nivel de tratamientos		Fuente de variación a nivel de bloques	
	Promedios	F-Valor	P	F-Valor	P
T0	23,71 <sup>b</sup>				
T1	23,33 <sup>b</sup>				
T2	23,19 <sup>b</sup>	11,96	<,0001	0,50	0,9324
T3	25,30 <sup>b</sup>				
T4	39,79 <sup>a</sup>				

Figura 1.

*Promedio del peso (kg) de la colmena*



El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) entre los grupos asignados a los distintos tratamientos, lo cual sugiere que las colmenas no partieron de una condición homogénea en términos de peso. Esta variabilidad puede atribuirse a diferencias biológicas intrínsecas entre colonias, tales como el tamaño poblacional, reservas de alimento o desarrollo de cría. Por otro lado, a nivel de bloques no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), lo que evidencia que la distribución de las colmenas dentro de cada bloque experimental fue adecuada y no introdujo sesgos al diseño.

Posteriormente, la prueba de comparación múltiple de promedios del método de Tukey permitió identificar agrupaciones estadísticas similares, siendo el Tratamiento 4 (T4) el que demostró una respuesta sobresaliente, alcanzando un peso medio de 39,79 kg, significativamente superior al resto de los tratamientos. En cambio, los tratamientos T3 con 25,30 kg, T0 con 23,71 kg, T1 con 23,33 kg y T2 con 23,19 kg no presentaron diferencias estadísticas entre sí, exhibiendo paridad en cuanto al peso de colmena.

Kulyukin *et al.* (2025) estudiaron el seguimiento y monitoreo de colonias de *Apis mellifera* en colmenas Langstroth, encontrando que el peso de las colmenas varía significativamente entre colonias y está influenciado por factores ambientales y biológicos. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los encontrados por Kulyukin, esta variabilidad puede influir en la interpretación de datos relacionados con la población de abejas y la carga parasitaria.

#### 4.1.2. Presencia de *Varroa destructor*

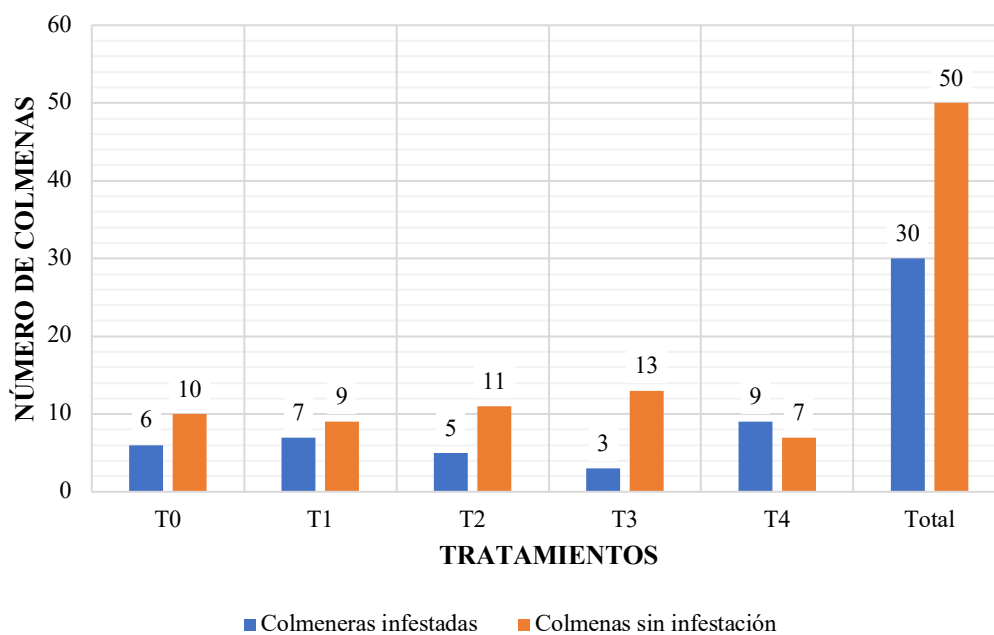
**Tabla 8.**

*Análisis de la infestación de varroa (Varroa destructor) de las colmenas*

Tratamientos	Colmeneras infestadas	Colmenas sin infestación	Valor-X <sup>2</sup>	P
T0	6 (37,5%)	10 (62,5%)		
T1	7 (43,75%)	9 (56,25%)		
T2	5 (31,25%)	11 (68,75%)	5,333	0,254
T3	3 (18,75%)	13 (81,25%)		
T4	9 (56,25%)	7 (43,75%)		
Total	30 (37,50%)	50 (62,50%)		

**Figura 2.**

*Número de colmenas infestadas por varroa (Varroa destructor)*



El análisis estadístico mediante la prueba de Chi-cuadrado no reveló diferencias significativas en la proporción de colmenas infestadas por *Varroa destructor* entre los tratamientos evaluados ( $p > 0,05$ ), lo que indica una distribución homogénea del estado sanitario de las colmenas antes de la aplicación de los tratamientos. Para este análisis, se consideró como colmena infestada aquella en la que se detectaron seis o más ácaros (equivalente al 3%) en una muestra de 200 abejas adultas.

Descriptivamente, el mayor número de colmenas infestadas se observó en el tratamiento T4 con 9 colmenas (56,25%), seguido del T1 con 7 colmenas (43,75%), el T0 con 6 colmenas (37,50%), el T2 con 5 colmenas (31,25%) y T3 con 3 colmenas (18,75%). En conjunto, se registraron 30 colmenas infestadas, lo que representa el 37,5% del total evaluado, mientras que las 50 colmenas restantes (62,5%) presentaron una carga parasitaria inferior al umbral establecido y, por tanto, fueron clasificadas como no infestadas.

Bava *et al.* (2023) evaluaron la prevalencia de *Varroa destructor* en granjas de abejas (*Apis mellifera*) y las prácticas de control de varroasis en el sur de Italia, y evaluaron 84 apiarios de la región de Calabria, Italia. Los resultados mostraron que, en 2020, el 54.7% de los apiarios presentaron infestación por Varroa, y en 2021, el 50% de los apiarios fueron positivos. Además, se identificaron prácticas de manejo que influyen significativamente en la prevalencia de la infestación, como la rotación de tratamientos y la remoción de cría de zánganos

Los resultados obtenidos en este estudio son concordantes con los reportados por Bava, evidenciando una infestación global del 37,5% de las colmenas por *Varroa destructor* en apiarios de San Miguel de Bolívar. Siendo este parásito mayoritariamente prevalente en el tratamiento T4 (56,25%) y en menor medida en el T3 (18,75%). Estos porcentajes son comparables con los niveles reportados en apiarios de Calabria, Italia, donde la infestación promedio se situó alrededor del 50%. La variabilidad en la infestación entre tratamientos refleja diferencias en la eficacia de los métodos aplicados y en las prácticas de manejo, lo que enfatiza la importancia de implementar estrategias integradas y sostenibles para el control efectivo del ácaro en las colonias.

### 4.1.3. Número de ácaros pretratamiento

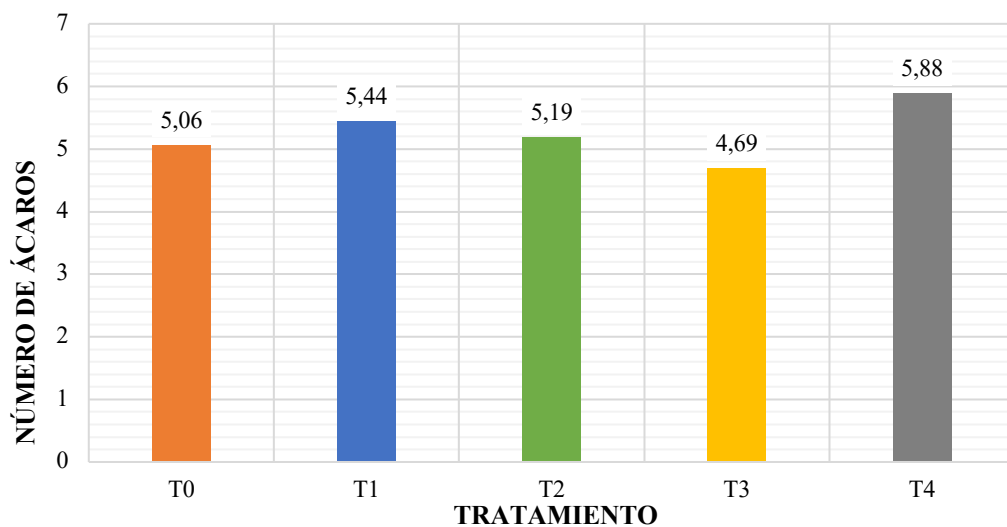
**Tabla 9.**

*Análisis de varianza del número de ácaros pretratamiento*

Tratamientos	Tukey	Fuente de variación a nivel de tratamientos		Fuente de variación a nivel de bloques	
	Promedios	F-Valor	P	F-Valor	P
T0	5,06 <sup>ab</sup>				
T1	5,44 <sup>ab</sup>				
T2	5,19 <sup>ab</sup>	2,43	0,0600	1,01	0,4611
T3	4,69 <sup>b</sup>				
T4	5,88 <sup>a</sup>				

**Figura 3.**

*Promedios del número de ácaros pretratamientos*



El análisis de varianza aplicado al número de ácaros de *Varroa destructor* por colmena, previo a la aplicación de los tratamientos, no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales ( $p = 0,0600$ ), lo que indica que las colmenas presentaban una carga parasitaria comparable entre sí antes del inicio de la intervención. Asimismo, a nivel de bloques no mostró un efecto significativo ( $p > 0,05$ ), lo que respalda la homogeneidad en la distribución de las unidades experimentales dentro del diseño.

Aunque el análisis de la prueba de Tukey no identificó contrastes estadísticos concluyentes entre los tratamientos, se observaron tendencias descriptivas. El tratamiento T4 presentó el mayor promedio de ácaros por muestra con 5,88 ácaros de cada 200 abejas, seguido de T1 con 5,44 de cada 200 abejas, el T2 con 5,19 por cada 200 abejas, el T0 con 5,06 en 200 abejas y finalmente el T3, que registró la menor carga parasitaria promedio con 4,69 por cada 200 abejas. Estos resultados sugieren una distribución relativamente equilibrada del grado de infestación inicial, sin sesgos evidentes entre los tratamientos asignados.

Masaquiza *et al.* (2021) evaluaron el comportamiento higiénico de *Apis mellifera* y su relación con la infestación por *Varroa destructor* y la producción de miel en la sierra central del Ecuador. Reportaron que la infestación por Varroa tiende a aumentar conforme avanza la temporada de producción de miel, con tasas de infestación que varían entre un mínimo del 3% (equivalente a 6 ácaros por 200 abejas) y un máximo del 12% (24 ácaros por 200 abejas).

En comparación, nuestro estudio mostró promedios menores de ácaros por muestra antes del tratamiento, con T4 registrando el valor más alto (5,88 ácaros/200 abejas) y T3 el más bajo (4,69 ácaros/200 abejas). Estas diferencias pueden deberse a variaciones ambientales, manejo apícola o momento del muestreo. No obstante, ambos estudios coinciden en que la infestación inicial se mantiene en niveles moderados, lo que facilita la evaluación de la eficacia de los tratamientos contra *Varroa destructor*.

#### 4.1.4. Porcentaje de infestación pretratamiento

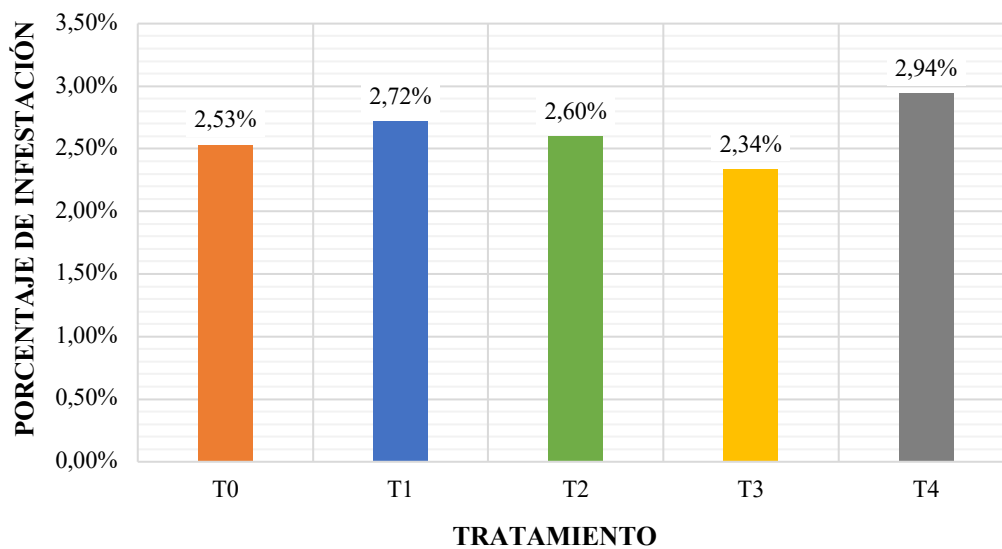
**Tabla 10.**

*Análisis de varianza del porcentaje de infestación pretratamiento*

Tratamientos	Tukey	Fuente de variación a nivel de tratamientos		Fuente de variación a nivel de bloques	
	Promedios	F-Valor	P	F-Valor	P
T0	2,53 <sup>ab</sup>				
T1	2,72 <sup>ab</sup>				
T2	2,60 <sup>a</sup>	2,43	0,060	1,01	0,4611
T3	2,34 <sup>b</sup>				
T4	2,94 <sup>a</sup>				

**Figura 4.**

*Promedio del porcentaje de infestación pretratamiento*



El análisis de varianza aplicado al porcentaje de infestación por *Varroa destructor* antes de la aplicación de los tratamientos no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales ( $p = 0,060$ ), lo cual indica que, al inicio del ensayo, las colmenas presentaban niveles de infestación comparables. De igual forma, el análisis por bloques no mostró efectos significativos ( $p > 0,05$ ), lo que respalda la homogeneidad en la asignación de las unidades experimentales. En conjunto, estos resultados reflejan que la distribución inicial de la infestación fue proporcional y equilibrada entre los tratamientos, garantizando condiciones uniformes para evaluar los efectos posteriores de las intervenciones.

La prueba de comparación de Tukey reveló que, previo a la aplicación de los tratamientos, existieron diferencias estadísticas entre algunos de los grupos experimentales en cuanto al porcentaje de infestación por *Varroa destructor*. El tratamiento T3 presentó el menor nivel de infestación con un promedio de 2,34%, significativamente inferior al T2 (2,60%) y al T4 (2,94%), aunque estadísticamente similar a T0 (2,53%) y T1 (2,72%). Por otro lado, los tratamientos T2, T0 y T1 compartieron un rango estadístico intermedio sin diferencias significativas entre ellos. En términos de manejo sanitario, todos los grupos se ubicaron dentro del rango moderado (2,0–2,9%), lo que corresponde a un umbral preventivo en el cual se recomienda considerar el inicio de tratamientos estratégicos y reforzar el monitoreo.

Jack *et al*, (2024) evaluaron la eficacia estacional de tratamientos químicos comúnmente empleados para controlar la población de *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) en colonias de *Apis mellifera*. En su estudio, observaron que no existieron diferencias significativas en las tasas de infestación por ácaros antes de la aplicación de los tratamientos; sin embargo, las proporciones de infestación en los apiarios se mantuvieron dentro de niveles considerados como tolerables. Los resultados de Jack *et al*, son equiparables a lo evidenciado en este estudio ya que las infestaciones del ácaro en cuestión antes de la aplicación de los tratamientos se mantuvieron en un rango moderado de infestación.

#### 4.1.5. Número de ácaros post-tratamientos

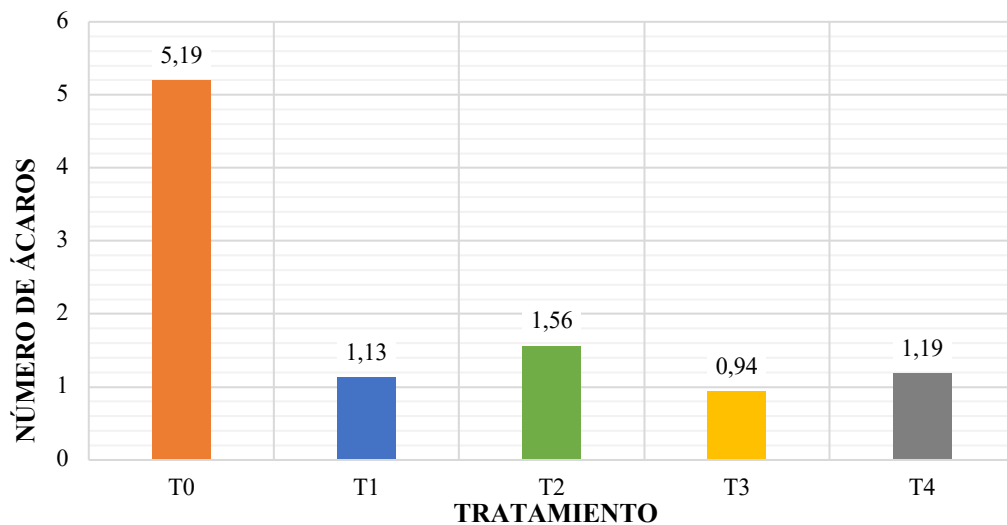
**Tabla 11.**

*Análisis de varianza del número de ácaros después de los tratamientos*

Tratamientos	Tukey	Fuente de variación a nivel de tratamientos		Fuente de variación a nivel de bloques	
	Promedios	F-Valor	P	F-Valor	P
T0	5,19 <sup>a</sup>				
T1	1,13 <sup>b</sup>				
T2	1,56 <sup>b</sup>	70,56	<.0001 **	0,51	0,9254 Ns
T3	0,94 <sup>b</sup>				
T4	1,19 <sup>b</sup>				

**Figura 5.**

*Promedio del número de ácaros después de la aplicación de los tratamientos*



El análisis de varianza aplicado al número de ácaros de *Varroa destructor* por colmena, posterior a la aplicación de los tratamientos, reveló diferencias estadísticas altamente significativas entre los grupos experimentales ( $p < 0,0001$ ), lo que indica que las estrategias terapéuticas empleadas generaron efectos diferenciados y estadísticamente sólidos en la reducción de la carga parasitaria. En cambio, en el análisis a nivel de bloques no se evidenció un efecto significativo ( $p = 0,9254$ ), lo que respalda un efecto similar entre las repeticiones del ensayo.

La prueba de comparación de promedios de Tukey evidenció diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,0001$ ) en el número de ácaros de *Varroa destructor* por colmena después de la aplicación de los tratamientos. El grupo control (T0) registró el valor más alto con un promedio de 5,19 ácaros, clasificándose dentro del umbral moderado (4–5), lo que implica la necesidad de considerar tratamiento.

En cambio, los tratamientos T1 (1,13), T2 (1,56), T3 (0,94) y T4 (1,19) presentaron promedios significativamente menores y estadísticamente similares entre sí, ubicándose en las categorías de muy bajo (0–1) o bajo (2–3), lo cual indica que, tras el tratamiento, no se requiere intervención inmediata y bastaría con una monitorización regular en algunos casos. Estos resultados confirman la eficacia de los tratamientos T1 a T4 en la reducción de la carga parasitaria, situando a T3 como el más efectivo (0,94 ácaros), seguido por T1 (1,13) y T4 (1,19), todos por debajo del umbral que indicaría necesidad de intervención terapéutica.

Bahreini et al. (2021) evaluaron métodos *in vitro* para el control de *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*, observando una infestación promedio de 15 ácaros por cada 135 abejas analizadas. Los resultados demostraron que, tras 4 horas de exposición al amitraz en condiciones de contacto directo, se alcanzó una mortalidad del 64%, lo que evidenció una reducción significativa en la carga parasitaria y destacó la eficacia del compuesto como acaricida. Comparativamente los resultados obtenidos son coincidentes con los de Bahreini *et al*, ya que reportaron una mortalidad del 64% tras 4 horas de exposición directa. Esto confirma la eficacia del Amitraz tanto en condiciones de laboratorio como de campo, posicionándolo como una opción altamente efectiva para el control de la varroasis.

#### 4.1.6. Porcentaje de infestación post-tratamientos

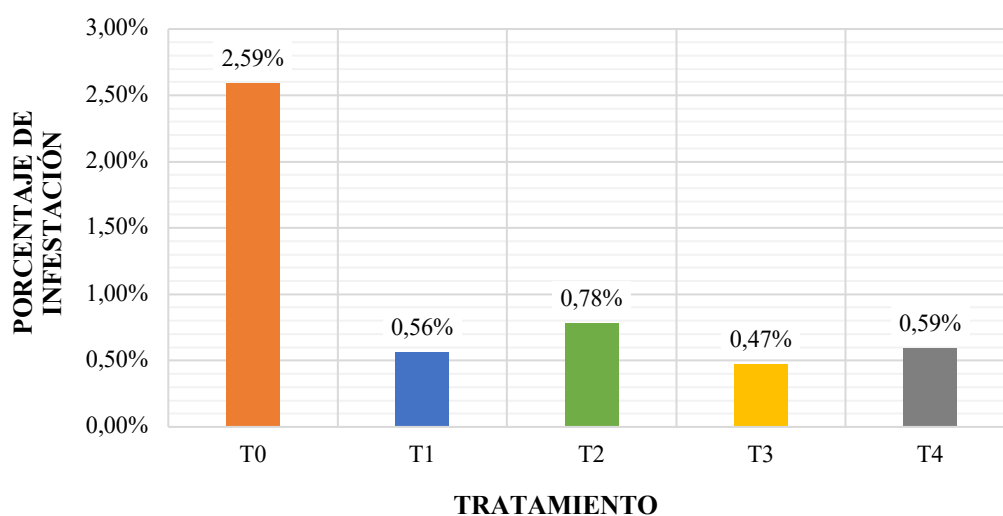
**Tabla 12.**

*Análisis de varianza del porcentaje de infestación de varroa después de la aplicación los tratamientos.*

Tratamientos	Tukey	Fuente de variación a nivel de tratamientos		Fuente de variación a nivel de bloques	
	Promedios	F-Valor	P	F-Valor	P
T0	2,59 <sup>a</sup>				
T1	0,56 <sup>b</sup>				
T2	0,78 <sup>b</sup>	70,56	<,0001 **	0,51	0,9254 Ns
T3	0,47 <sup>b</sup>				
T4	0,59 <sup>b</sup>				

**Figura 6.**

*Promedio del porcentaje de infestación de varroa después de la aplicación los tratamientos.*



El análisis de varianza aplicado al porcentaje de infestación por *Varroa destructor* posterior a la aplicación de los tratamientos evidenció diferencias altamente significativas entre los grupos experimentales ( $p < 0,0001$ ), lo que demuestra que las intervenciones ejercieron un efecto diferencial sobre la carga parasitaria de las colmenas. En contraste, el efecto de los bloques no resultó significativo ( $p = 0,9254$ ), lo cual confirma que las variaciones observadas en los niveles de infestación se deben a los tratamientos aplicados y no a la disposición espacial de las colmenas, respaldando así la consistencia y validez del diseño experimental.

Según la prueba de comparación de medias de Tukey, el tratamiento T0 presentó el valor promedio más alto de infestación postratamiento (2,59%), clasificado dentro del umbral “moderado”, donde se recomienda considerar la aplicación de medidas preventivas. Este resultado sugiere que, en ausencia de intervención, la carga parasitaria tiende a mantenerse por encima del nivel tolerable.

En cambio, los tratamientos T1 con un 0,56%, el T2 con un 0,78%, el T3 con un 0,47% y el T4 con un 0,59%, mostraron valores significativamente inferiores, ubicándose todos en los rangos de infestación “muy baja” o “baja”, para los cuales se recomienda únicamente monitorización periódica o ninguna intervención inmediata. Estos hallazgos reflejan la eficacia de los tratamientos en la reducción del porcentaje de infestación por *Varroa destructor*, destacando su potencial uso en programas de manejo integrado del parásito.

Calderón *et al*, (2024) evaluaron el control integrado del ácaro *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) con ácido oxálico en colmenas de abejas en condiciones tropicales de Costa Rica, y observaron que el ácido oxálico puede ser efectivo y en dependencia del método de aplicación su efectividad puede variar, en aplicaciones por goteo puede tener una efectividad del 63% al 72%, el método de toalla puede ser efectivo en un 74,4%, mediante aplicación en tiras su efectividad puede ser del 50%, sin embargo, destaca que el ácido oxálico puede reducir el porcentaje de infestación hasta en un 12% y no provocar ninguna reacción adversa a nivel de las colmenas estudiadas.

Hernández *et al*, (2024) evaluaron mutaciones genéticas en el receptor de octopamina asociada con la resistencia al Amitraz en *Varroa destructor*. Y

demonstraron que los ácaros pueden ser altamente sensibles a los tratamientos iniciales con Amitraz, con una eficacia entre el 72% al 92%, sin embargo, postulan también que la exposición repetida, subdosificación o periodos cortos de exposición al Amitraz genera en los ácaros una disminución de la susceptibilidad y aumenta los índices de resistencia por causa de modificaciones genéticas que lo hacen más resistente y puede generar aumentos en los porcentajes de infestación en la colmena.

Los resultados de Calderón *et al*, son concordantes con los evidenciados en este estudio, ya que la administración de ácido oxálico disminuyó significativamente el porcentaje de infestación después de su aplicación.

Los criterios de interpretación postulados de Hernández *et al*, son en contraste similares a los observados en esta investigación, ya que la aplicación de Amitraz fue una de las que generó mayor susceptibilidad de los ácaros presentes en las colmenas consideradas en este estudio.

#### 4.1.7. Mortalidad

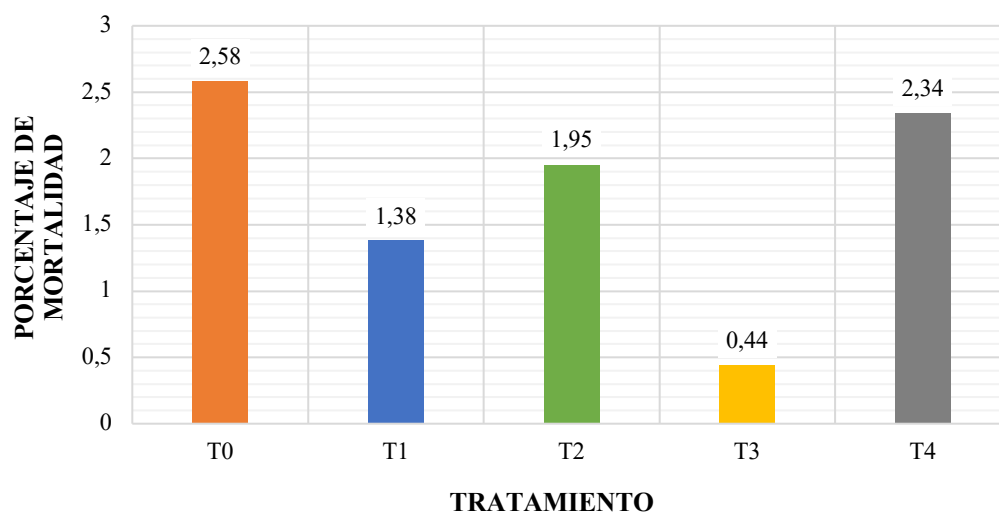
**Tabla 13.**

*Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de las abejas en cada tratamiento*

Tratamientos	Tukey	Fuente de variación a nivel de tratamientos		Fuente de variación a nivel de bloques	
	Promedios	F-Valor	P	F-Valor	P
T0	2,58 <sup>b</sup>				
T1	1,38 <sup>c</sup>				
T2	1,95 <sup>c</sup>	12,12	<,0001 **	0,38	0,9805 Ns
T3	0,44 <sup>c</sup>				
T4	2,34 <sup>a</sup>				

**Figura 7.**

*Promedio del porcentaje de mortalidad de las abejas en cada tratamiento*



El análisis de varianza aplicado al porcentaje de mortalidad posterior a la administración de los tratamientos reveló diferencias altamente significativas entre los grupos experimentales ( $p < 0,0001$ ), lo que demuestra que las distintas estrategias terapéuticas implementadas produjeron efectos diferenciados en la mortalidad de las abejas. Por el contrario, el efecto correspondiente al factor bloques no fue estadísticamente significativo ( $p = 0,9805$ ), lo que indica que la variabilidad entre bloques no ejerció una influencia relevante sobre esta variable.

La prueba de comparación de medias de Tukey evidenció diferencias significativas en las tasas de mortalidad entre los grupos experimentales. El tratamiento T0 registró el porcentaje más alto (2,58%), seguido por T4 (2,34%), ubicándose ambos dentro del rango de mortalidad moderada (2–3%). Este nivel implica una señal de advertencia, lo que sugiere la necesidad de una evaluación cuidadosa de la relación riesgo-beneficio antes de considerar su recomendación en el manejo sanitario.

En contraste, los tratamientos T1 (1,38%), T2 (1,95%) y T3 (0,44%) presentaron tasas de mortalidad bajas a muy bajas, siendo el Amitraz el más seguro, con una mortalidad inferior al 1%, clasificada como muy baja y tolerable. Estos resultados respaldan la priorización de tratamientos con amitraz y ácido oxálico, que demuestran una eficiencia óptima entre su efecto antiparasitario, baja toxicidad y alta supervivencia de las abejas.

Ceccotti *et al.* (2024) evaluaron estrategias de control de *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera* en Italia, utilizando formulaciones de ácido fórmico al 60 % aplicadas mediante dispensadores, en combinación con ácido oxálico. La combinación mostró una eficacia acaricida elevada, con valores entre el 89 % y 93 %; sin embargo, también se observó un aumento en la mortalidad de abejas adultas de hasta un 3 %, lo que plantea inquietudes sobre su impacto potencial en la salud general de las colonias.

Los resultados de esta investigación coinciden parcialmente con Ceccotti *et al.*, quienes observaron mayor mortalidad con ácidos orgánicos (T1 y T2). Sin embargo, el tratamiento T3 (amitraz) mostró un mejor balance entre eficacia y baja toxicidad, posicionándose como una opción segura para el control de *Varroa destructor*.

#### 4.1.8. Análisis económico

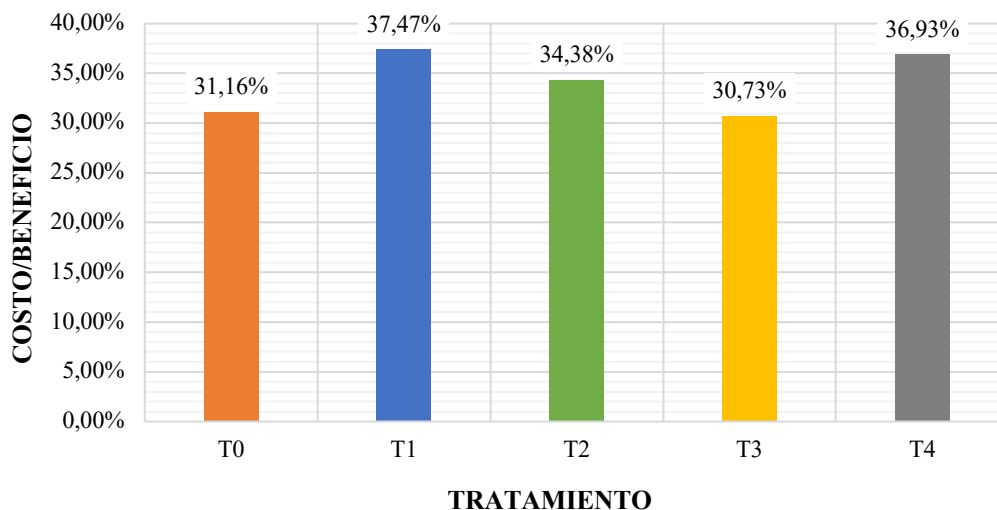
**Tabla 13.**

*Análisis económico de los tratamientos*

Tratamientos	Detalle	Total	Detalle	Total
	Egresos		Ingresos	
T0	Colmenas	400	Miel	1344
	Indumentaria	50	Derivados apícolas	100
	<b>Total</b>	<b>450</b>	<b>Total</b>	<b>1444</b>
T1	Colmenas	400	Miel	1377,60
	Indumentaria	50	Derivados apícolas	90
	Ácido oxálico	100		
	<b>Total</b>	<b>550</b>	<b>Total</b>	<b>1467,60</b>
T2	Colmenas	400	Miel	1321,60
	Indumentaria	50	Derivados apícolas	60
	Ácido fórmico	25		
	<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>Total</b>	<b>1381,60</b>
T3	Colmenas	400	Miel	1458,24
	Indumentaria	50	Derivados apícolas	120
	Amitraz	35		
	<b>Total</b>	<b>485</b>	<b>Total</b>	<b>1578,24</b>
T4	Colmenas	400	Miel	1276,80
	Indumentaria	50	Derivados apícolas	50
	Tiras de piretroides	40		
	<b>Total</b>	<b>490</b>	<b>Total</b>	<b>1326,80</b>
Tratamientos	Costo-beneficio		Utilidad (\$)	
T0	31,16%		\$ 994	
T1	37,47%		\$ 917,60	
T2	34,38%		\$ 906,60	
T3	30,73%		\$ 1093,24	
T4	36,93%		\$ 836,80	

**Figura 8.**

*Análisis económico mediante el indicador costo/beneficio de los tratamientos*



Los resultados del análisis económico indican que, en cuanto al indicador de utilidad, el tratamiento T3 obtuvo la mayor ganancia con \$1093,24, seguido por T0 con \$994,00, T1 con \$917,60, T2 con \$906,60 y, finalmente, T4 con la menor utilidad registrada, \$836,80. Respecto al índice costo-beneficio, que refleja el porcentaje de los ingresos utilizados para cubrir la implementación del tratamiento y su impacto en el desempeño productivo de las colmenas, el tratamiento con menor repercusión económica fue T3, con un 30,73%, seguido por T0 (31,16%), T2 (34,38%), T4 (36,93%) y, con la mayor proporción de costos respecto a beneficios, el tratamiento T1 con 37,45%.

Díaz *et al*, (2020) evaluaron tres alternativas para el control de *Varroa destructor* en apiarios ecuatorianos y concluyeron que, al utilizar ácidos orgánicos, el costo por colmena fue menor con ácido fórmico (\$8,2) en comparación con ácido oxálico (\$13,2) en promedio por colmena tratada. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos en el presente estudio, donde el uso de ácidos orgánicos incrementó el indicador costo-beneficio, reflejando mayores costos operativos. Por otro lado, el tratamiento T3 (amitraz) mostró mayor estabilidad productiva, eficiencia y rentabilidad económica, posicionándose como una opción más favorable desde el punto de vista financiero y productivo.

#### 4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,0001$ ) entre los tratamientos evaluados para el control de varroa en abejas, tanto en la reducción de la carga parasitaria, como en los índices de mortalidad y en los indicadores económicos y de costo-beneficio. Dado que se comprobaron diferencias significativas entre los tratamientos en todas las variables analizadas, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), concluyéndose que, si existen diferencias en la evaluación de cuatro tratamientos para el control de varroa (*Varroa destructor*) con productos acaricidas en abejas (*Apis mellifera*) en San Miguel.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

La infestación por *Varroa destructor*, de acuerdo al criterio interpretativo de un umbral de 6 o más ácaros en una muestra de 200 abejas adultas, fue del 37,5% (30/80) de las colmenas analizadas, mientras que la mayoría, es decir el 62,5% (50/80) mantuvo una carga parasitaria por debajo del umbral establecido.

Todos los tratamientos aplicados resultaron eficaces en la reducción de la infestación por el ácaro en cuestión, con promedios postratamiento entre 0,94 y 1,56 parásitos por cada 200 abejas y con niveles de infestación inferiores al 1%, clasificados como bajos o muy bajos. Aunque el amitraz registró los valores más bajos, las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas, lo que evidencia una eficacia comparable entre todos ellos para mantener la infestación bajo control.

El análisis reveló diferencias significativas en la mortalidad de abejas entre tratamientos, destacando al T3 (Amitraz) y al T1 (ácido oxálico) como los más seguros, al presentar las tasas de mortalidad más bajas (0,44% y 1,38%, respectivamente). Ambos tratamientos combinan eficazmente la reducción de la carga parasitaria con una baja toxicidad, consolidándose como las opciones más recomendables para el control de *Varroa destructor*.

En el análisis económico el amitraz fue el más eficiente, con un índice de 30,73%, reflejando un impacto económico reducido en comparación con los otros tratamientos, que registraron los mayores costos relativos. Estos resultados posicionan al amitraz como la alternativa más rentable, al integrar eficacia sanitaria, baja mortalidad de abejas y menor impacto económico.

## **5.2. Recomendaciones**

Utilizar el T3 (Amitraz) para el control de *Varroa destructor*, ya que ha demostrado ser una alternativa eficaz, segura para la salud de las abejas y económicamente viable.

Mejorar las condiciones de manejo y ambientales del apiario Arcángel San Miguel del cantón San Miguel de la provincia Bolívar.

Probar otras alternativas para mitigar la infestación de varroa (*Varroa destructor*) en apiarios aledaños en el cantón San Miguel.

Estimar las pérdidas económicas de la infestación de *Varroa destructor* en apiarios en la provincia Bolívar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Afroz, R., Tanvir, E., & Hossain, M. (2023). Physical Properties Of Honey. Honey: Composition And Health Benefits. *First*, 2(1), 1-2.
- Ahmad, S., Ahmed, S., Khan, K., & Li, J. (2021). Novel Insight Into The Development And Function Of Hypopharyngeal Glands In Honey Bees. *Front. Physiol*, 11, 615830.
- Al-Kafaween, M., Alwahsh, M., Mohd, A., & Abulebdah, D. (2023). Physicochemical Characteristics And Bioactive Compounds Of Different Types Of Honey And Their Biological And Therapeutic Properties: A Comprehensive Review. *Antibiotics*, 12(2), 337.
- Alaerjani, M., Abu, S., Hussein, R., Al-Farhan, B., Ghramh, H., Abdallah, B., . . . Ahamed, M. (2022). Biochemical Reactions And Their Biological Contributions In Honey. *Molecules*, 27(15), 4719.
- Alcívar, I. (2024). La Apicultura Y Su Aporte Al Desarrollo Comunitario En Manabí, Ecuador. *Agroecología Global. Revista Electrónica De Ciencias Del Agro Y Mar*, 6(10), 58-74.
- Aldasoro, E., Rogríguez, U., Martínez, M., Chan, G., Avilez, T., Morales, H., . . . Mérida, J. (2021). Stingless Bee Keeping: Biocultural Conservation And Agroecological Education. *Front. Sustain. Food Syst.*, 6, 1081400.
- Almasaudi, S. (2021). The Antibacterial Activities Of Honey. *Saudi Journal Of Biological Sciences*, 28(4), 2188-2196.
- Almecija, G., Poirot, B., Mielgo, P., Watkins, M., & Suppo, C. (2024). Influence Of Amitraz-Based Product Characteristics On Varroa Mite Population Control. *Parasitologia*, 4(1), 71-81.
- Almeida, R., Magalhães, K., Oliveira, C., Oliveira, R., & Umsza, M. (2024). Microbiological And Physical-Chemical Characteristics Of Pollen And Honey From Stingless Bees: A Review. *Food Production, Processing And Nutrition*, 6(95), 1-10.

- Alphen, J., & Fernhout, B. (2020). Natural Selection, Selective Breeding, And The Evolution Of Resistance Of Honeybees (*Apis mellifera*) Against Varroa. *Zoological Letters*, 6(6), 1-12.
- Aurell, D., Wall, C., Bruckner, S., & Williams, G. (2024). Combined Treatment With Amitraz And Thymol To Manage *Varroa Destructor* Mites (Acari: Varroidae) In *Apis mellifera* Honey Bee Colonies (Hymenoptera: Apidae). *Journal Of Insect Science*, 24(3), 12.
- Bahreini, R., González, J., Hernández, C., Moreno, S., Muirhead, S., Labuschagne, R., & Rueppel, O. (2025). Arising Amitraz And Pyrethroids Resistance Mutations In The Ectoparasitic *Varroa Destructor* Mite In Canada. *Scientific Reports*, 15(1587), 1--2.
- Bahreini, R., Nasr, M., Docherty, C., Feindel, D., Muirhead, S., & De Herdt, O. (2021). New Bioassay Cage Methodology For In Vitro Studies On *Varroa destructor* And *Apis mellifera*. *Plos One*, 16(4), E0250594.
- Bahreini, R., Nasr, M., Docherty, C., Muirhead, S., Herdt, O., & Feindel, D. (2022). Miticidal Activity Of Fenazaquin And Fenpyroximate Against *Varroa destructor*, An Ectoparasite Of *Apis mellifera*. *Pest Management Science*, 78(4), 1686-1697.
- Bava, R., Castagna, F., Palma, E., Ceniti, C., Millea, M., Lupia, C., Musella, V. (2023). Prevalence Of *Varroa destructor* In Honeybee (*Apis mellifera*) Farms And Varroosis Control Practices In Southern Italy. *Microorganisms*, 11(5), 1228.
- Bellik, Y. (2022). Protective Effect Of Honey Against Aluminium-Induced Erythrocyte Osmotic Fragility And Hemoglobin Denaturation. *Polish Journal Of Natural Sciences*, 37(2), 205-218.
- Beltrán, P., & Vásconez, J. (2020). Análisis De Los Costos De Producción De Miel De Abeja En Ecuador Como Insumo En La Generación De Políticas Públicas Que Estimulen Su Producción: Caso Pichincha. *Revista Uniandes Episteme*, 7, 1326-1340.

- Benito, M., Bartolomé, C., Maside, X., Bernal, J., Bernal, J., Del Nozal, M., . . . Higes, M. (2021). Residual Tau-Fluvalinate In Honey Bee Colonies Is Coupled With Evidence For Selection For *Varroa destructor* Resistance To Pyrethroids. *Insects*, 12(8), 731.
- Berry, J., Bartlett, L., Bruckner, S., Baker, C., Braman, S., Delaplane, K., & Williams, G. (2022). Assessing Repeated Oxalic Acid Vaporization In Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies For Control Of The Ectoparasitic Mite *Varroa destructor*. *Journal Of Insect Science*, 22(1), 15.
- Bertola, M., & Mutinelli, F. (2025). Sensitivity And Resistance Of Parasitic Mites (*Varroa destructor*, *Tropilaelaps* Spp. And *Acarapis Woodi*) Against Amitraz And Amitraz-Based Product Treatment: A Systematic Review. *Insects*, 16(3), 234.
- Bilik, S., Kratochvila, L., Ligocki, A., Bostik, O., Zemcik, T., Hybl, M., . . . Zalud, L. (2021). Visual Diagnosis Of The *Varroa destructor* Parasitic Mite In Honeybees Using Object Detector Techniques. *Sensors*, 21(8), 2764.
- Bogo, G., De Groot, G., Medici, S., Winter, J., Aizen, M., & Morales, C. (2025). Honeys From Patagonia Revealed Notable Pesticide Residues In Small-Scale Agricultural Landscapes In The Past Decade. *International Journal Of Pest Management*, 71(2), 256-264.
- Bósquez, A., Bayas, F., Montero, D., Cuenca, Y., & Lema, P. (2023). Análisis De La Actividad Antioxidante Y Antimicrobiana Del Propóleo En La Provincia Bolívar Ecuador. *Bionatura*, 8(4), 1-14.
- Branchiccela, B., Díaz, S., Ramallo, G., & Mendoza, Y. (2025). Oxalic Acid In Cellulose Strips: Towards An Efficient And Sustainable Approach For The Control Of *Varroa destructor*. *Apidologie*, 56(1), 21.
- Brodshneider, R., Schlagbauer, J., Arakelyan, I., Ballis, A., Brus, J., Brusbardis, V., Al., E. (2023). Spatial Clusters Of *Varroa destructor* Control Strategies In Europe. *Journal Of Pest Science*, 96, 759-783.
- Cabbri, R., Danielli, S., & Galuppi, R. (2021). Treatment Based On Formic Acid For *Varroa destructor* Control With Two Different Evaporators: Efficacy

- And Tolerability Comparison. *Journal Of Apicultural Research*, 62(5), 999-1006.
- Calderón , R., Quiros, O., Ramírez, F., & Sánchez, L. (2024). Control Integrado Del Ácaro *Varroa destructor* (*Mesostigmata:Varroidae*) Con Ácido Oxálico En Colmenas De Abejas Africanizadas En Las Condiciones Tropicales De Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*, 42(2), 1-19.
- Caula, E., & Caula, D. (2022). Improving The *Varroa* (*Varroa destructor*) Control Strategy By Brood Treatment With Formic Acid—A Pilot Study On Spring Applications. *Insects*, 13(2), 149.
- Ceccotti, M., Miotti, C., Molineri, A., Signorini, M., & Giacobino, A. (2024). *Varroa destructor* Control Strategies In *Apis mellifera* Colonies: A Meta-Analysis And Systematic Revision On Natural Compounds Efficacy. *Journal Of Apicultural Research*, 64(3), 783-796.
- Chekol, F., Hiruy, M., Tsegaye, A., Mazengia, T., & Alimaw, Y. (2022). Consumers' Frequency Of Purchasing Behavior Of Organic Honey And Butter Foods From The Farmers' Food Product Market In Northwest, Ethiopia: A Poisson Regression Approach. *Cogent Social Sciences*, 8(1), 2144871.
- Collazo, N., Carpena, M., Nuñez, B., Otero, P., Simal, J., & Prieto, M. (2021). Health Promoting Properties Of Bee Royal Jelly: Food Of The Queens. *Nutrients*, 13(2), 543.
- Cortez, L., Quinatoa, L., Perez, A., Mendoza, E., Cevallos, S., & A, M. (2025). Sondeo De La Producción Apícola En Paiarios De Las Familias Aledañas A Quevedo Y Se Área De Influencias. *Journal Of Science And Research*, 10(3), 1-20.
- Cournoyer, A., Plamondon, L., Bau-Gaudreault, L., Deschamps, A., Dubreull, P., & Benolt, M. (2022). Effects Of *Varroa destructor* On Hemolymph Sugars And Secondary Infections In Honeybees (*Apis mellifera*). *Applied Sciences*, 12(22), 11630.

- Damayo, J., Mckee, R., Buchmann, G., & Norton, A. (2023). Replicación Del Virus En El Parásito De La Abeja Melífera, *Varroa destructor*. Journal Of Virology, 97(12), E01149-23.
- Delaplane, K. (2024). Honey Bee Social Evolution: Group Formation, Behavior, And Preeminence. Usa: Jhu Press.
- Díaz, B., Moyón, J., & Baquero, M. (2020). Evaluación De Tres Alternativas Para El Control De Varroasis (*Varroa destructor*) En Apiarios Ecuatorianos. Ciencia Y Agricultura, 16(1), 63-78.
- Doublet, V., Oddie, M., Mondet, F., Dahle, B., Furuseth, E., Williams, G., Miranda, P. (2024). Shift In Virus Composition In Honeybees (*Apis mellifera*) Following Worldwide Invasion By The Parasitic Mite And Virus Vector *Varroa destructor*. The Royal Society Publishing, 11(1), 231529.
- Evans, K., Underwood, R., & López, M. (2022). Combined Effects Of Oxalic Acid Sublimation And Brood Breaks On Varroa Mite (*Varroa destructor*) And Deformed Wing Virus Levels In Newly Established Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies. Journal Of Apicultural Research, 61(2), 197-205.
- Facchini, E., De Iorio, M., Turri, F., Pizzi, F., Laurino, D., Porporato, M., Pagnacco, G. (2021). Investigating Genetic And Phenotypic Variability Of Queen Bees: Morphological And Reproductive Traits. Animals, 11(11), 3054.
- Fahad, M., Hyder, M., Zhao, C., & Li, W. (2024). Gc-Ms Analysis And Evaluation Of Essential Oils As Volatile Biopesticides: Assessing Their Acaricidal Potential Against *Varroa destructor*. Agriculture, 14(6), 940.
- Flores, J., Gamiz, V., Jiménez, A., Flores, A., Gil, S., Garrido, J., & Hernando, M. (2021). Impacto de *Varroa destructor* y Patologías Asociadas En El Trastorno De Colapso De Colonias Que Afecta A Las Abejas Melíferas. Investigación En Ciencias Veterinarias, 135, 85-95.
- Gebremedhn, H., Gebrewahid, Y., Hadgu, G., & Graaf, D. (2025). Proyección De Los Impactos Del Cambio Climático En La Distribución Del Hábitat De *Varroa destructor* En Etiopía Utilizando El Modelo Ecológico Maxent. Ciencia Del Medio Ambiente Total, 968, 178904.

- Genath, A., Petruschke, H., Bergen, M., & Einspanier, R. (2021). Influence Of Formic Acid Treatment On The Proteome Of The Ectoparasite *Varroa destructor*. *Plos One*, 16(10), E0258845.
- Guzman, E., Corona, M., Alburaki, M., Reynaldi, F., Invernizzi, C., Fernández, G., & Maggi, M. (2024). Honey Bee Populations Surviving *Varroa destructor* Parasitism In Latin America And Their Mechanisms Of Resistance. *Front. Ecol. Evol.*, 12, 1-13.
- Halvaci, E., Kozak, T., Gul, M., Kars, H., & Sen, F. (2023). Bee Anatomy: A Comprehensive Overview Of Bee Morphology And Physiology. *Journal Of Scientific Reports-B*, 8(1), 1-10.
- Hendriksma, H., Cornelissen, B., & Panziera, D. (2023). Liquid And Solid Matrix Formic Acid Treatment Comparison Against Varroa Mites In Honey Bee Colonies. *Journal Of Apicultural Research*, 63(2), 357-359.
- Hernández, C., Marín, O., Calatayud, F., Mahiques, J., Mompó, A., Segura, I., . . . González, J. (2021). Large-Scale Monitoring Of Resistance To Coumaphos, Amitraz, And Pyrethroids In *Varroa destructor*. *Insects*, 12(1), 27.
- Hernández, C., Moreno, S., Emilova, K., & González, J. (2024). A New Mutation In The Octopamine Receptor Associated With Amitraz Resistance In *Varroa destructor*. *Pest Management Science*, 81(1), 308-315.
- Hernández, C., Moreno, S., Emilova, K., & González, J. (2024). A New Mutation In The Octopamine Receptor Associated With Amitraz Resistance In *Varroa destructor*. *Pest Management Science*, 81(1), 308-315.
- Hernandez, J., Hattendorf, J., Aebi, A., & Dietemann, V. (2022). Compliance With Recommended *Varroa destructor* Treatment Regimens Improves The Survival Of Honey Bee Colonies Over Winter Author Links Open Overlay Panel. *Research In Veterinary Science*, 144, 1-10.
- Hussein, R., Al-Farhan, B., & Ahamed, M. (2022). Glucose Oxidase And Catalase Activities In Honey Samples From The Southwestern Region Of Saudi Arabia. *Applied Sciences*, 12(15), 7584.

- Hybl, M., Bohata, A., Radsetoulalová, I., Kopecky, M., Hostickova, I., Vanickova, A., & Mraz, P. (2021). Settingsorder Article Reprints Open Accessarticle Evaluating The Efficacy Of 30 Different Essential Oils Against *Varroa destructor* And Honey Bee Workers (*Apis mellifera*). *Insects*, 12(11), 1045.
- Iruoghene, G., Onoharigho, F., Akpohelie, P., Lucky, O., Ozgor, E., & Akhayere, E. (2022). Physicochemical, Phytochemical, Antioxidant, And Inhibition Properties Of Key Enzymes Linked To Raw And Regular Honey. *Chemistry Africa*, 5, 1351-1364.
- Jack, C., Boncristiani, H., Prouty , C., Schmehl, D., & Ellis, J. (2024). Evaluatin The Seasonal Efficacy Of Commonly Used Chemical Treatments On *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) Population Resurgence In Honey Bee Colonies. *Journal Of Insect Science*, 24(3), 11.
- Jack, C., Oliveira, I., Kimmel, C., & Ellis, J. (2023). Seasonal Differences In *Varroa destructor* Population Growth In Western Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies. *Front. Ecol. Evol.*, 11, 1102457.
- Jong, D., Roma, A., & Gonçalves, L. (1982). A Comparative Analysis Of Shaking Solutions For The Detection Of *Varroa jacobsoni* On Adult Honeybees. *Apidologie*, 13(3), 297-306 .
- Kanelis, D., Tananaki, C., Liolios, V., & Rodopoulou, M. (2024). Evaluation Of Oxalic Acid With Glycerin Efficacy Against *Varroa destructor* (Varroidae): A Four Year Assay. *Journal Of Apiculture Research*, 63(5), 847-855.
- Kang, Y., Wu, T., Yang, S., Wang, X., Wang, Q., Gao, J., & Dai, P. (2024). Interaction Of Acetamiprid, *Varroa destructor*, And Nosema Ceranae In Honey Bees. *Journal Of Hazardous Materials*, 471(134380), 1-10.
- Kark, R., Yacobovitz, N., Segal, L., & Kallker, S. (2023). Catty, Bitchy, Queen Bee Or Sister? A Review Of Competition Among Women In Organizations From A Paradoxical-Coopetition Perspective. *Journal Of Organizational Behavior*, 45(2), 266-294.
- Khan, K., & Liu, T. (2022). Morphological Structure And Distribution Of Hairiness On Different Body Parts Of *Apis mellifera* With An Implication On

- Pollination Biology And A Novel Method To Measure The Hair Length. *Insects*, 13(2), 189.
- Koc, N., Inak, E., Jonckheere, W., & Leeuwen, T. (2021). Genetic Analysis And Screening Of Pyrethroid Resistance Mutations In *Varroa destructor* Populations From Turkey. *Experimental And Applied Acarology*, 84, 433-444.
- Kosch, Y., Mülling, C., & Emmerich, I. (2024). Resistance Of *Varroa destructor* Against Oxalic Acid Treatment—A Systematic Review. *Veterinary Sciences*, 11(9), 393.
- Kulyukin, V., Kulyukin, A., & Meikle, W. (2025). Discrete Time Series Forecasting In Non-Invasive Monitoring Of Managed Honey Bee Colonies: Part Ii: Are Hive Weight And In-Hive Temperature Seasonal And Colony-Specific? *Sensors*, 25(14), 4319.
- Lester, P. (2023). Integrated Resistance Management For Acaricide Use On *Varroa destructor*. *Front. Bee. Sci.*, 1, 1-12.
- Marsky, U., Rognon, B., Douablin, A., Viry, A., Rodriguez, M., & Hammaidi, A. (2024). Amitraz Resistance In French Varroa Mite Populations—More Complex Than A Single-Nucleotide Polymorphism. *Insects*, 15(6), 390.
- Masaquiza, D., Vargas, J., Ortiz, N., Salazar, R., Pérez, A., & Arenal, A. (2021). Hygienic Behavior Of *Apis mellifera* And Its Relationship With *Varroa destructor* Infestation And Honey Production In The Central Highlands Of Ecuador. *Insects*, 12(11), 966.
- Mascarello, G., Pinto, A., Crovato, S., Tiozzo, B., Pietropaoli, M., Bertola, M., . . . Formato, G. (2024). Consumers' Perceptions And Behaviors Regarding Honey Purchases And Expectations On Traceability And Sustainability In Italy. *Sustainability*, 16(20), 8846.
- Medina, C., Saucedo, A., Guzman, E., & Alaniz, L. (2024). Population Dynamics Of The Mite *Varroa destructor* In Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies In A Temperate Semi-Arid Climate. *Insects*, 15(9), 696.

- Mendoza, L., Vásquez, L., Pinargote, E., & Rodríguez, S. (2024). Bebida Helada De Jéjible (*Zingiber Officinale*) Con Miel De Abeja. *Revista Nutrición Clínica Y Dietética Hospitalaria*, 44(3), 46–53.
- Montiel, L., Vásquez, L., Pazmiño, Á., Pinargote, E., Rodríguez, S., & Cedeño, Á. (2025). Sondeo De La Producción Apícola En Apiarios De Familias Aledañas A Quevedo Y Su Área De Influencias. *Journal Of Science And Research*, 10(3), 32-53.
- Moreira, V., Dias, R., Pereira, J., Oliveira, C., & Umsza, M. (2023). Stingless Bee Propolis: Composition, Biological Activities And Its Applications In The Food Industry. *Food Production, Processing And Nutrition*, 5(29), 1-5.
- Morfin, N., Goodwin, P., & Guzman, E. (2023). *Varroa destructor* And Its Impacts On Honey Bee Biology. *Front. Bee Sci.*, 1(2), 1-10.
- Morfin, N., Rawn, D., Petukhova, T., Kozak, P., Eccles, L., Chaput, J., . . . Guzman, E. (2022). Surveillance Of Synthetic Acaricide Efficacy Against *Varroa destructor* In Ontario, Canada. *The Canadian Entomologist*, 154(1), E17.
- Orr, M., Jakob, M., Harmon, A., & Mupepele, A. (202). A Review Of Global Trends In The Study Types Used To Investigate Bee Nesting Biology. *Basic And Applied Ecology*, 62, 12-21.
- Osés, S., Rogríguez, C., Valencia, O., Fernández, M., & Sancho, T. (2024). Relationships Among Hydrogen Peroxide Concentration, Catalase, Glucose Oxidase, And Antimicrobial Activities Of Honeys. *Foods*, 13(9), 1344.
- Pavlovic, R., Dojnov, B., Slavic, M., Ristovic, M., Vujcic, M., Stojanovic, S., & Vujcic, Z. (2025). Differential Processing Of Sucrose And Invert Syrup In Honey Bees. *Archives If Insect Biochemistry And Physiology*, 118(3), E70052.
- Pietropaoli, M., & Formato, G. (2021). Formic Acid Combined With Oxalic Acid To Boost The Acaricide Efficacy Against *Varroa destructor* In *Apis mellifera*. *Journal Of Apicultura Research*, 61(3), 320-328.

- Piou, V., Schurr, F., Dubois, E., & Vétillard, A. (2022). Transmission Of Deformed Wing Virus Between *Varroa destructor* Foundresses, Mite Offspring And Infested Honey Bees. *Parasites & Vectors*, 15(3333), 1-10.
- Privitt, J., Van, B., & Fahrbach, S. (2023). Altered Synaptic Organization In The Mushroom Bodies Of Honey Bees Exposed As Foragers To The Pesticide Fipronil. *Front. Bee Sci.*, 1, 1219991.
- Proaño, A., Coello, D., Villacrés, I., Ballesteros, I., Debut, A., Vizuite, K., . . . Álvarez, J. (2021). The Osmotic Action Of Sugar Combined With Hydrogen Peroxide And Bee-Derived Antibacterial Peptide Defensin-1 Is Crucial For The Antibiofilm Activity Of Eucalyptus Honey. *Lwt*, 136(2), 110379.
- Qadir, Z., Idress, A., Mahmood, R., Sarwar, G., Abu, M., Ahmad, S., Li, J. (2021). Effectiveness Of Different Soft Acaricides Against Honey Bee Ectoparasitic Mite *Varroa destructor* (*Acari:Varroidae*). *Insects*, 12(11), 1032.
- Reams, T., & Rangel, J. (2022). Understanding The Enemy: A Review Of The Genetics, Behavior And Chemical Ecology Of *Varroa destructor*, The Parasitic Mite Of *Apis mellifera*. *Journal Of Insect Science*, 22(1), 1-6.
- Resci, I., & Cilia, G. (2023). The Use Of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) As Biological Monitors For Pathogenic Bacteria And Antimicrobial Resistance: A Systematic Review. *Environmental Pollution*, 333(15), 122120.
- Rinkevich, F. (2024). Experimental Parameters Affecting The Outcomes Of Amitraz Resistance Testing In *Varroa destructor*. *Journal Of Apicultural Research*, 63(2), 341-349.
- Sakla, R., Gendy, R., Ali, J., & Abdel, M. (2025). Stinging Nettle (*Urtica Dioica*) As A Potential Control Agent For Varroa Mite (*Varroa destructor*) In Honeybee Colonies (*Apis Mellifera*). *Bmc Plant Biology*, 25(578), 1-10.
- Salinas, J., & Silva, F. (2025). Flora De Interés Apícola Para La Región De Aysén, Chile. *Ciencia & Investigación Forestal*, 65-80.

- Sankovitz, M., Steinhauer, N., Yemor, T., Cook, S., Evans, J., & Ramsey, S. (2025). Evaluation Of Efficacy Of Formic Acid And Thermal Remediation For Management Of *Tropilaelaps* And *Varroa* Mites In Central Thailand. *Journal Of Apicultural Research*, 1(1), 1-10.
- Santos, D., A., Biluca, F., Braghini, F., Valdemiro, L., Oliveira, A., & Fett, R. (2021). Phenolic Composition And Biological Activities Of Stingless Bee Honey: An Overview Based On Its Aglycone And Glycoside Compounds. *Food Research International*, 147(110553), 1-10.
- Steube, X., Beinert, P., & Kirchner, W. (2021). Efficacy And Temperature Dependence Of 60% And 85% Formic Acid Treatment Against *Varroa destructor*. *Apidologie*, 52, 720-729.
- Sun, Y., Zhang, J., Tang, X., Wu, Z., Gorb, S., & Wu, J. (2021). Specialized Morphology And Material Properties Make A Honey Bee Tongue Both Extendible And Structurally Stable. *Acta Biomaterialia*, 136, 412-419.
- Tadesse, B., Tilahun, Y., Woyamo, W., Bayu, M., & Adimasu, Z. (2021). Factors Influencing Organic Honey Production Level And Marketing: Evidence From Southwest Ethiopia. *Heliyon*, 7(9), E07975.
- Torresani, M., Kleijn, D., De Vries, J., Bartholomeus, H., Chieffallo, L., Cazzolla, R., . . . Rocchini, D. (2023). A Novel Approach For Surveying Flowers As A Proxy For Bee Pollinators Using Drone Images. *Ecological Indicators*, 149, 110123.
- Vlogiannitis, S., Jonckheere, W., Laget, D., Graaf, D., Vontas, J., & Leeuwen, T. (2021). Pyrethroid Target-Site Resistance Mutations In Populations Of The Honey Bee Parasite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) From Flanders, Belgium. *Experimental And Applied Acarology*, 85, 205-221.
- Walsh, E., Khan, O., Grunseich, J., Helms, A., Ing, N., & Rangel, J. (2021). Pesticide Exposure During Development Does Not Affect The Larval Pheromones, Feeding Rates, Or Morphology Of Adult Honey Bee (*Apis Mellifera*) Queens. *Fron. Ecol. Evol.*, 9, 681506.

- Warner, S., Pokhrel, L., Akula, S., Ubah, C., Richards, S., Jensen, H., & Kearney, G. (2024). Una Revisión Exploratoria Sobre Los Efectos Del Ácaro Varroa (*Varroa destructor*) En La Disminución Global De Las Abejas Melíferas. *Ciencia Del Medio Ambiente Total*, 906(1), 167492.
- Wu, X., Li, Z., Yang, H., He, X., Yan, W., & Zheng, Z. (2023). The Adverse Impact On Lifespan, Immunity, And Forage Behavior Of Worker Bees (*Apis mellifera* Linnaeus 1758) After Exposure To Flumethrin. *Science Of The Total Environment*, 858(3), 160146.
- Zaldivar, A., Cenobio, A., Morfin, N., Aguirre, G., Campos, R., Esturau, N., Angeles, J. (2024). The Physicochemical Parameters, Phenolic Content, And Antioxidant Activity Of Honey From Stingless Bees And *Apis mellifera*: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Antioxidants*, 13(12), 1539.
- Zhang, W., Yi, J., Hu, X., Du, M., & Guo, C. (2025). A Strategy To Improve 3d Printing Performance: Interaction Between Epigallocatechin Gallate (Egcg) And Honey Bee Pupa Protein (Hbpp). *Food Hydrocolloids*, 160(3), 110845

## ANEXOS

### Anexo 1. *Lugar de investigación*



Fuente: (Google maps, 2025)

**Anexo 2. Croquis del ensayo**

<b>Tratamientos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T0</b>
<b>Repeticiones</b>	<b>Código</b>				
R1	T1R1	T2R1	T3R1	T4R1	T0R1
R2	T1R2	T2R2	T3R2	T4R2	T0R2
R3	T1R3	T2R3	T3R2	T4R3	T0R3
R4	T1R4	T2R4	T3R4	T4R4	T0R4
R5	T1R5	T2R5	T3R5	T4R5	T0R5
R6	T1R6	T2R6	T3R6	T4R6	T0R6
R7	T1R7	T2R7	T3R7	T4R7	T0R7
R8	T1R8	T2R8	T3R8	T4R8	T0R8
R9	T1R9	T2R9	T3R9	T4R9	T0R9
R10	T1R10	T2R10	T3R10	T4R10	T0R10
R11	T1R11	T2R11	T3R11	T4R11	T0R11
R12	T1R12	T2R12	T3R12	T4R12	T0R12
R13	T1R13	T2R13	T3R13	T4R13	T0R13
R14	T1R14	T2R14	T3R14	T4R14	T0R14
R15	T1R16	T2R15	T3R15	T4R15	T0R15
R16	T1R16	T2R16	T3R16	T4R16	T0R16

*Anexo 3. Base de datos*

<b>CODIGO</b>	<b>Peso de la colmena</b>	<b>#ADT</b>	<b>%IDT</b>	<b># APT</b>	<b>% IPT</b>	<b>Abejas muestras</b>	<b>Población de abejas</b>	<b>Mortalidad</b>
T0R1	23,55	4	2	4	2	2175,00	108750,00	2,0
T0R2	28,7	4	2	4	2	2916,67	145833,33	2,0
T0R3	18,7	5	2,5	5	2,5	1520,83	60833,33	2,5
T0R4	36,95	6	3	6	3	6462,50	215416,67	3,0
T0R5	36,25	4	2	4	2	4308,33	215416,67	2,0
T0R6	13,7	5	2,5	5	2,5	604,17	24166,67	2,5
T0R7	17,2	4	2	3	1,5	1133,33	56666,67	2,0
T0R8	22,6	6	3	6	3	3100,00	103333,33	3,0
T0R9	38,2	5	2,5	5	2,5	5641,67	225666,67	2,5
T0R10	16,1	4	2	4	2	966,67	48333,33	2,0
T0R11	20,23	6	3	6	3	2432,50	81083,33	3,0
T0R12	23,4	6	3	6	3	3100,00	103333,33	3,0
T0R13	18,5	7	3,5	7	3,5	2537,50	72500,00	3,5
T0R14	22,2	5	2,5	5	2,5	2333,33	93333,33	2,5
T0R15	18,1	5	2,5	5	2,5	1583,33	63333,33	2,5
T0R16	25	7	3,5	6	3	4433,33	126666,67	3,5
T1R1	34,9	3	1,5	4	2	2900,00	205833,33	1,4
T1R2	23	2	1	6	3	980,00	104166,67	0,9
T1R3	45	1	0,5	6	3	4567,00	275833,33	1,7
T1R4	19,78	1	0,5	5	2,5	2905,00	71250,00	4,1

T1R5	27,14	1	0,5	7	3,5	671,67	134333,33	0,5
T1R6	15,12	1	0,5	7	3,5	943,00	42500,00	2,2
T1R7	19,35	1	0,5	5	2,5	854,00	69416,67	1,2
T1R8	27,12	1	0,5	5	2,5	842,00	139333,33	0,6
T1R9	13,14	0	0	5	2,5	756,00	24500,00	3,1
T1R10	19,56	1	0,5	6	3	377,50	75500,00	0,5
T1R11	16,34	0	0	4	2	560,00	54500,00	1,0
T1R12	23,7	0	0	4	2	679,00	115000,00	0,6
T1R13	31,23	1	0,5	7	3,5	876,25	175250,00	0,5
T1R14	14,92	1	0,5	5	2,5	765,00	39333,33	1,9
T1R15	24,23	2	1	7	3,5	800,00	114416,67	0,7
T1R16	18,78	2	1	4	2	659,00	57333,33	1,1
T2R1	23	2	1	4	2	1204,00	98333,33	1,2
T2R2	18,1	1	0,5	5	2,5	1345,00	55000,00	2,4
T2R3	26,34	2	1	5	2,5	1543,00	134500,00	1,1
T2R4	26,6	0	0	4	2	1432,00	135833,33	1,1
T2R5	14,15	2	1	4	2	1530,00	32083,33	4,8
T2R6	23,9	2	1	4	2	1542,00	107500,00	1,4
T2R7	14,23	2	1	4	2	1604,00	27750,00	5,8
T2R8	20,22	2	1	5	2,5	1790,00	81000,00	2,2
T2R9	23,45	1	0,5	7	3,5	1100,00	104583,33	1,1
T2R10	32,55	2	1	7	3,5	1900,00	177083,33	1,1
T2R11	34,21	1	0,5	5	2,5	1254,00	189833,33	0,7

T2R12	23,13	2	1	7	3,5	1323,00	96916,67	1,4
T2R13	25,7	2	1	6	3	1266,67	126666,67	1,0
T2R14	24,67	3	1,5	6	3	1593,75	106250,00	1,5
T2R15	19,7	0	0	5	2,5	1556,00	70000,00	2,2
T2R16	21,1	1	0,5	5	2,5	1903,00	85833,33	2,2
T3R1	25,22	0	0	5	2,5	400,00	115166,67	0,3
T3R2	21,3	0	0	5	2,5	500,00	85833,33	0,6
T3R2	32	2	1	6	3	659,00	176666,67	0,4
T3R4	21	1	0,5	4	2	450,00	90000,00	0,5
T3R5	16,37	1	0,5	3	1,5	290,42	58083,33	0,5
T3R6	21,13	1	0,5	3	1,5	351,00	93583,33	0,4
T3R7	35,17	1	0,5	7	3,5	603,00	206166,67	0,3
T3R8	29,23	1	0,5	5	2,5	495,00	157750,00	0,3
T3R9	34,23	1	0,5	6	3	543,00	196916,67	0,3
T3R10	28,1	1	0,5	4	2	674,17	134833,33	0,5
T3R11	21,32	2	1	4	2	731,00	91666,67	0,8
T3R12	21,56	1	0,5	5	2,5	472,08	94416,67	0,5
T3R13	27,21	2	1	4	2	543,00	140916,67	0,4
T3R14	23,12	1	0,5	4	2	496,67	99333,33	0,5
T3R15	26,32	0	0	5	2,5	356,00	125166,67	0,3
T3R16	21,44	0	0	5	2,5	376,00	84500,00	0,4
T4R1	20,24	0	0	3	1,5	3405,00	83666,67	4,1
T4R2	32,12	1	0,5	5	2,5	4032,00	181000,00	2,2

T4R3	38,89	1	0,5	7	3,5	3560,00	235750,00	1,5
T4R4	40,6	1	0,5	8	4	2750,00	245000,00	1,1
T4R5	48,1	1	0,5	7	3,5	3560,00	300583,33	1,2
T4R6	49,2	1	0,5	5	2,5	4321,00	309833,33	1,4
T4R7	57,23	2	1	5	2,5	7650,00	391083,33	2,0
T4R8	24,56	2	1	5	2,5	3540,00	112833,33	3,1
T4R9	38,7	2	1	7	3,5	6543,00	226666,67	2,9
T4R10	54,32	1	0,5	6	3	4520,00	324083,33	1,4
T4R11	34,21	0	0	6	3	5400,00	156500,00	3,5
T4R12	56,34	2	1	6	3	4800,00	341166,67	1,4
T4R13	33,85	1	0,5	5	2,5	5421,00	161250,00	3,4
T4R14	34	1	0,5	5	2,5	5465,00	180833,33	3,0
T4R15	30,34	2	1	7	3,5	4650,00	144500,00	3,2
T4R16	43,9	1	0,5	7	3,5	5670,00	278333,33	2,0

Nota. #ADT: número de ácaros después de los tratamientos. %IDT: porcentaje de infestación después de los tratamientos. #APT: número de ácaros pretratamiento. %IPT: porcentaje de infestación pretratamiento.

Anexo 4. Fotografías de la investigación



Foto1: selección de las colmenas



Foto 2: selección de las colmenas



Foto 3: pesado de las colmenas



Foto 4: pesado de las colmenas



Foto 5: Muestreo inicial de 200 abejas



Foto 6: Muestreo inicial de 200 abejas

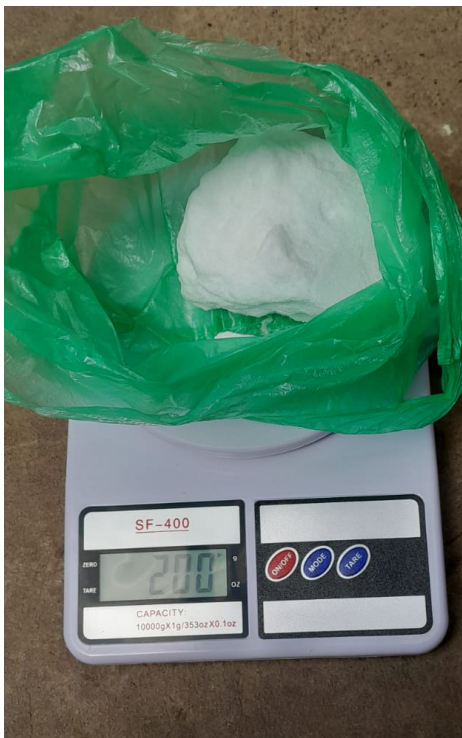


Foto 7: pesaje de los principios activos



Foto 8: preparación de los tratamientos a aplicarse



Foto 9: conteo de los ácaros por tratamiento.



Foto 10: Tamizaje y conteo de los ácaros por tratamiento.



Foto 11: aplicación de tiras impregnadas de piretroides.



Foto 12: aplicación de tiras impregnadas de piretroides.



Foto 13: aplicación de tiras impregnadas de piretroides.



Foto 14: aplicación de tiras impregnadas de piretroides.



Foto 15: aplicación de las bolsas con ácido fórmico

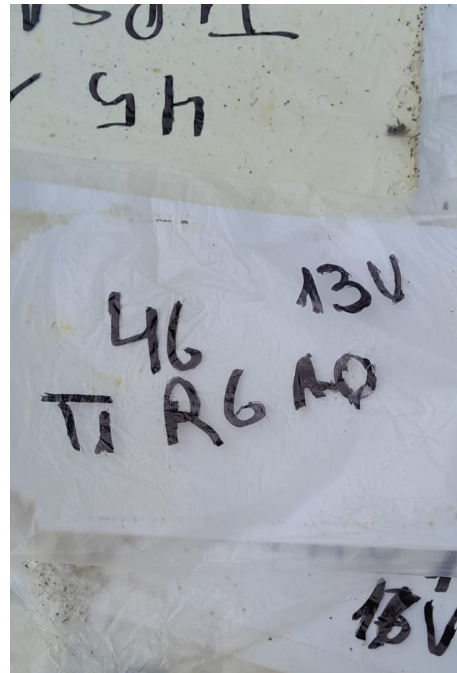


Foto 16: preparación de las bolsas con ácido fórmico

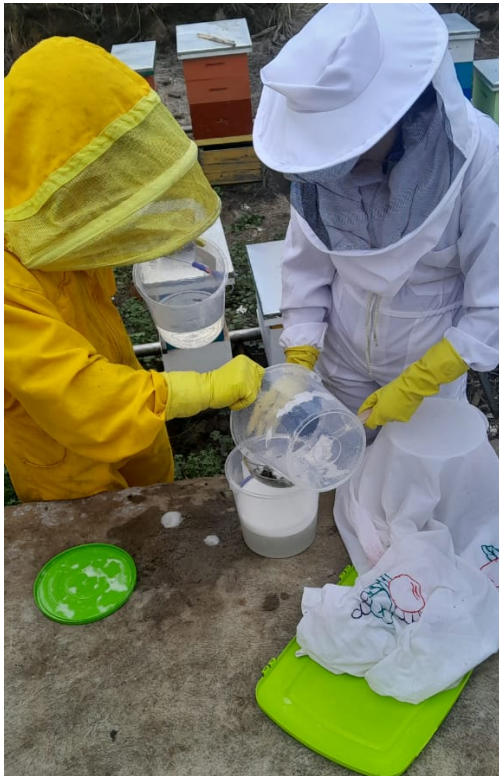


Foto 17: preparación de los tratamientos con Amitraz.



Foto 18: aplicación de los tratamientos con Amitraz.



Foto 19: revisión de las colonias post-tratamiento.



Foto 20: visita técnica a unidad productiva de derivados apícolas.

## **Anexo 5.** *Glosario de términos*

**Fructosa:** La fructosa, o levulosa, es un tipo de glúcido encontrado en los vegetales, las frutas y la miel.

**Enzimas:** Son proteínas complejas que producen un cambio químico específico en todas las partes del cuerpo.

**Antioxidantes:** Los antioxidantes son compuestos químicos que interactúan con los radicales libres y los neutralizan, lo que les impide causar daño.

**Polinización:** Es el proceso que se desarrolla desde que el polen deja el estambre en el que ha sido generado hasta que llega al pistilo en el que germinará, un recorrido que permitirá la aparición de nuevos frutos y semillas.

**Ecosistema:** Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación.

**Ectoparásitos:** Referirse a patógenos como garrapatas, pulgas, piojos, moscas parasitarias y ácaros que se adhieren a la piel y permanecen allí durante períodos.

**Apicultura:** Es la crianza y cuidado de las abejas, a través de esta se obtienen productos como miel, jalea real, propóleo, cera y polen.

**Acaricidas:** Es un plaguicida que se utiliza para eliminar, controlar o prevenir la presencia o acción de los ácaros mediante una acción química.

**Edulcorante:** Cualquier sustancia, natural o artificial, que endulza, es decir, que sirve para dotar de sabor dulce a un alimento.

**Aguijón:** Se llama aguijón o ponzoña al órgano o parte del cuerpo afilado presente en varios animales que normalmente expulsa algún tipo de veneno o da una descarga eléctrica.

**Melipona:** La abeja melipona es una especie sin aguijón que cultivan los pueblos mayas desde hace cientos de años y la denominan “abeja sagrada maya”, por las propiedades curativas que tiene su miel.

**Propóleo:** El propóleo es una mezcla resinosa obtenida por las abejas de las yemas de los árboles, exudados de savia u otras fuentes vegetales y que luego procesan en la colmena como sellante de pequeños huecos, en ocasiones mezclado con cera y para "barnizar" todo el interior de la colmena.

**Cera:** Sustancia sólida, blanda, amarillenta y fundible que segregan las abejas para formar las celdillas de los panales y que se emplea principalmente para hacer velas.

**Jalea real:** Es conocida por ser rica en vitaminas, aminoácidos, proteínas y minerales que ayudan a hidratar la piel y a retrasar su envejecimiento prematuro.

**Zángano:** Abeja macho, cuya función es fecundar a la abeja reina; es mayor que las abejas obreras, no produce miel y carece de aguijón.

**Pupa:** La pupa es el estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis que los lleva del último estadio de larva al de imago o adulto.

**Ovopositar:** También llamado ovopositor u oviscapto, es un órgano usado por las hembras de muchos insectos para depositar huevos.

**Pecoreras:** Se llama pecoreo a la conducta de las abejas obreras de *Apis mellifera* o abeja doméstica que recolectan polen y néctar de la flora apícola de un determinado.

**Exoesqueleto:** Esqueleto externo continuo que recubre, protege y soporta el cuerpo de un animal, hongo o protista.

**Coxa:** Primer artejo o segmento de la pata de un insecto, por el cual esta se une al tórax.

**Glándulas de Nasanov:** La abeja doméstica produce una feromona para reclutar obreras, sirve para atraer obreras que han perdido el camino de regreso a la colmena.

**Octopamina:** también conocida como  $\beta$ ,4-dihidroxifenetilamina, es una amina biogénica endógena relacionada con la noradrenalina, y que tienen efectos en los sistemas adrenérgicos y dopaminérgicos.