

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**MENCIÓN: SANIDAD VEGETAL**



**EFFECTO DE CUATRO ACARICIDAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN EN EL  
CONTROL DE *Oligonychus punicae* Y SU IMPACTO EN LA ENTOMOFAUNA  
BENÉFICA EN *Persea americana* (PALTO) EN HUÁNUCO**

**Tesis**

**Para optar el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS,**

**MENCIÓN: SANIDAD VEGETAL**

**PRESENTADO POR:**

**JAVIER ROMERO CHAVEZ**

**ASESOR:**

**JOSE LUIS GIL BACILIO**

**Tingo María – Perú.**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**UNIDAD DE POSGRADO – FACULTAD DE AGRONOMÍA**



“Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Nro.005-2024-UP-FA-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las 11:00 a.m., del miércoles 07 de agosto de 2024, reunidos en la sala de audiovisuales de la Facultad de Agronomía, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**“EFECTO DE CUATRO ACARICIDAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN EN EL CONTROL DE *Oligonychus punicae* Y SU IMPACTO EN LA ENTOMOFAUNA BENÉFICA EN *Persea americana* (PALTO) EN HUÁNUCO”**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias Agrícolas, mención: Sanidad Vegetal, **Ing. JAVIER ROMERO CHAVEZ**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando Aprobado con el calificativo de Muy Bueno

Acto seguido, a horas 13:00 el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....  
M. Sc. MIGUEL EDUARDO ANTEPARRA PAREDES  
**Presidente del Jurado**

.....  
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
**Miembro del Jurado**



.....  
Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO  
**Miembro del Jurado**

.....  
M. Sc. JOSÉ LUIS GIL BACILIO  
**Asesor**



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 323 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Sanidad Vegetal

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE CUATRO ACARICIDAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN EN EL CONTROL DE <i>Oligonychus punicae</i> Y SU IMPACTO EN LA ENTOMOFAUNA BENÉFICA EN <i>Persea americana</i> (PALTO) EN HUÁNUCO	JAVIER ROMERO CHAVEZ	13 % Trece

Tingo María, 11 de noviembre de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Malqui  
JEFE

C.C. Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO**  
**ACADÉMICO DE MAESTRO**

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad : Facultad de Agronomía  
Título de Tesis : Efecto de cuatro acaricidas de última generación en el control de *Oligonychus punicae* y su impacto en la entomofauna benéfica en *Persea americana* (palto) en Huánuco  
Autor : Javier Romero Chávez  
DNI : 22511309  
Correo electrónico : Javier.romero@unas.edu.pe  
Asesor : M. Sc. José Luis Gil Bacilio  
Maestría y mención : Maestría en Ciencias Agrícolas / Sanidad Vegetal  
Área de Investigación : Cultivos tropicales/Fitosanidad  
Línea (s) de Investigación : Diagnóstico, evaluación y manejo integrado de fitopatógenos, insectos plaga y arvenses en especies agrícolas y forestales  
Eje temático de investigación : Efecto de cuatro acaricidas en el control de *Oligonychus punicae* y su impacto en la entomofauna benéfica.  
Lugar de Ejecución : CIFO – UNHEVAL Huánuco  
Duración del trabajo : 08 meses  
Fecha de Inicio : Setiembre, 2023  
Término : Abril, 2024  
Financiamiento : Propio  
FEDU : NO  
Propio : SI  
Otros : NO

**Tingo María - Perú - Agosto, 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
MENCIÓN: SANIDAD VEGETAL**



**EFECTO DE CUATRO ACARICIDAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN EN EL  
CONTROL DE *Oligonychus punicae* Y SU IMPACTO EN LA ENTOMOFAUNA  
BENÉFICA EN *Persea americana* (PALTO) EN HUÁNUCO**

<b>Autor</b>	: Javier Romero Chávez
<b>Asesor</b>	: M. Sc. José Luis Gil Bacilio
<b>Área de investigación</b>	: Cultivos tropicales/Fitosanidad
<b>Línea de investigación</b>	: Diagnóstico, evaluación y manejo integrado de fitopatógenos, insectos plaga y arvenses en especies agrícolas y forestales
<b>Eje temático</b>	: Efecto de cuatro acaricidas en el control de <i>Oligonychus punicae</i> y su impacto en la entomofauna benéfica.
<b>Lugar de ejecución</b>	: CIFO – UNHEVAL Huánuco
<b>Duración</b>	: Setiembre 2023 – Abril 2024
<b>Financiamiento</b>	: Propio

**Tingo María – Perú. 2024**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mis padres, Juan Romero Villanueva y Celestina Chávez de Romero, cuyo apoyo y sacrificio han sido fundamentales para mi desarrollo profesional.

A mis hijos Javier, Wendy Xiomara, Aracelly y Ana Sofía, quienes son la razón de mi existencia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a los profesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), cuyos conocimientos fueron fundamentales para terminar mi maestría en Ciencias Agrícolas mención Sanidad Vegetal.

A mis jurados M. Sc. Miguel E. Anteparra Paredes, Dr. Ladislao Ruiz Rengifo y Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano por la revisión académica, teórica, científica y por las correcciones de la tesis.

Mi gratitud al M. Sc. José Luis Gil Bacilio, mi Asesor, por sus valiosas enseñanzas y respaldo a mi tesis, guiándome hasta la culminación de la investigación.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán y al Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) por facilitarme las instalaciones para llevar a cabo mi trabajo de investigación.

Mi agradecimiento especial al Ing. Huber Barrionuevo Jaramillo por su apoyo invaluable durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Finalmente, mi más sincero agradecimiento a mi esposa Lucia Cuyubamba Espinoza, por ser mi compañera de trabajo en mi vida diaria y por su incondicional apoyo en mi superación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Palto.....	4
2.2. <i>Oligonychus punicae</i> .....	5
2.3. Entomofauna benéfica del palto.....	12
2.4. Acaricidas de última generación.....	14
2.5. Estudios realizados.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Lugar de ejecución.....	25
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	26
3.3. Población, muestra y unidad de análisis.....	27
3.4. Descripción de los tratamientos en estudio.....	27
3.5. Prueba de hipótesis.....	28
3.6. Parámetros registrados.....	29
3.7. Tabulación y análisis de datos.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Reducción de la densidad poblacional de <i>Oligonychus punicae</i> .....	32
4.2. Reducción del grado de infestación de <i>Oligonychus punicae</i> .....	54
4.3. Eficacia del control de <i>Oligonychus punicae</i> .....	56
4.4. Entomofauna benéfica en el cultivo de palto.....	74
V. CONCLUSIONES.....	90
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	91
VII. REFERENCIAS.....	92
ANEXOS.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Datos climáticos del CIFO UNHEVAL durante las evaluaciones realizadas.....	25
2	Tratamientos de estudio de acaricidas.....	27
3	Determinación de grados de infestación del acaro.....	29
4	Estructura del análisis de varianza según el DBCA.....	31
5	Resumen del ANVA para densidad poblacional de estadios ninfales de <i>O. punicae</i> sobre palto durante ocho evaluaciones, CIFO 2024.....	32
6	ANVA de contrastes ortogonales de la densidad poblacional de ninfas de <i>O. punicae</i> .....	41
7	Resumen del ANVA para densidad poblacional de adultos de <i>O. punicae</i> sobre palto durante ocho evaluaciones, CIFO 2024.....	43
8	ANVA de contrastes ortogonales de la densidad poblacional de adultos de <i>O. punicae</i> .....	52
9	Prueba de Friedman ( $p=0,05$ ) y la prueba de Rangos para el grado de infestación de <i>O. punicae</i> sobre palto, CIFO 2024.....	54
10	Resumen del ANVA para eficacia de control sobre estadios ninfales de <i>O. punicae</i> sobre palto durante ocho evaluaciones, CIFO 2024.....	56
11	ANVA de contrastes ortogonales de la eficacia de control de ninfas de <i>O. punicae</i> .....	65
12	Resumen del ANVA para eficacia de control sobre adultos de <i>O. punicae</i> sobre palto durante ocho evaluaciones, CIFO 2024.....	66
13	ANVA de contrastes ortogonales de la eficacia de control de adultos de <i>O. punicae</i> .....	74
14	ANVA ( $p=0,05$ ) para la 1ra., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto, CIFO 2024.....	76
15	ANVA ( $p=0,05$ ) de contrastes ortogonales para la 1ra., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.....	81
16	ANVA ( $p=0,05$ ) para la 2da., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto, CIFO 2024.....	82
17	ANVA ( $p=0,05$ ) de contrastes ortogonales para la 2da., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.....	89

18	Registro de la densidad poblacional de ninfas y adultos de <i>O. punicae</i> en árboles de palto variedad Hass, CIFO, 2024.....	101
19	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadíos ninfales de <i>O. punicae</i> .....	102
20	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de <i>O. punicae</i> .....	103
21	Grado de infestación de ninfas y adultos de <i>O. punicae</i> en árboles de palto variedad Hass, CIFO, 2024.....	104
22	Eficacia de control de ninfas y adultos de <i>O. punicae</i> en árboles de palto variedad Hass, CIFO, 2024.....	105
23	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadíos ninfales de <i>O. punicae</i> .....	106
24	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de <i>O. punicae</i> .....	107
25	Entomofauna benéfica a 1 y 14 días de la 1ra., aplicación de los acaricidas.....	108
26	Entomofauna benéfica a 1 y 14 días de la 2da., aplicación de los acaricidas.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Morfología del acaro ( <i>Oligonychus punicae</i> ).....	8
2	Imagen satelital del CIFO UNHEVAL.....	25
3	Campo y parcela experimental del cultivo de palto.....	29
4	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 1ra., evaluación.....	33
5	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 2da., evaluación.....	34
6	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 3ra., evaluación.....	35
7	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 4ta., evaluación.....	36
8	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 5ta., evaluación.....	37
9	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 6ta., evaluación.....	38
10	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 7ma., evaluación.....	39
11	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de los estadíos ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 8va., evaluación.....	40
12	Fluctuación de la densidad poblacional de los estadíos ninfales de <i>O. punicae</i> por efecto de los acaricidas de última generación.....	42

13	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 1ra., evaluación.....	44
14	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 2da., evaluación.....	45
15	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 3ra., evaluación.....	46
16	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 4ta., evaluación.....	47
17	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 5ta., evaluación.....	48
18	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 6ta., evaluación.....	49
19	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 7ma., evaluación.....	50
20	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 8va., evaluación.....	51
21	Fluctuación de la densidad poblacional de adultos de <i>O. punicae</i> por efecto de los acaricidas de última generación.....	53
22	Fluctuación del grado de infestación de <i>O. punicae</i> por efecto de los acaricidas de última generación.....	55
23	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 1ra., evaluación.....	57

24	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 2da., evaluación.....	58
25	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 3ra., evaluación.....	59
26	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 4ta., evaluación.....	60
27	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 5ta., evaluación.....	61
28	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 6ta., evaluación.....	62
29	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 7ma., evaluación.....	63
30	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales vivos de <i>O. punicae</i> en la 8va., evaluación.....	64
31	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 1ra., evaluación.....	66
32	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 2da., evaluación.....	67
33	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 3ra., evaluación.....	68
34	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 4ta., evaluación.....	69
35	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 5ta., evaluación.....	70
36	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 6ta., evaluación.....	71

37	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 7ma., evaluación.....	72
38	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos vivos de <i>O. punicae</i> en la 8va., evaluación.....	73
39	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la familia Chrysopidae a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.....	75
40	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la familia Reduviidae a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.....	76
41	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la familia Coccinellidae a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.....	77
42	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la familia Syrphidae a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.....	78
43	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la familia Vespidae a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.....	79
44	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la familia Apidae a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.....	80
45	Figura 44. Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la Familia Chrysopidae a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.....	83
46	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la Familia Reduviidae a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.....	84
47	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la Familia Coccinellidae a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.....	85

48	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la Familia Syrphidae a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.....	86
49	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la Familia Vespidae a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.....	87
50	Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos de la Familia Apidae a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.....	88
51	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadíos ninfales de <i>O. punicae</i> .....	102
52	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de <i>O. punicae</i> .....	103
53	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadíos ninfales de <i>O. punicae</i> .....	106
54	Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de <i>O. punicae</i> .....	107
55	Vista del campo experimental de palto variedad Hass, CIFO-UNHEVAL – 2024.....	110
56	Encalado de los troncos de palto.....	110
57	Plateado y fertilización de palto variedad Hass.....	111
58	Curado de heridas de ramas podadas de palto con caldo bordalés.....	111
59	Rotulación de parcelas y señalización de los árboles de palto para la evaluación.....	112
60	Calibración y dosificación de los acaricidas.....	112
61	Aplicación de los acaricidas a los árboles de palto variedad Hass, CIFO-UNHEVAL, 2024.....	113
62	Evaluación de ninfas y adultos de <i>O. punicae</i> en hojas de palto.....	113

## RESUMEN

El ácaro marrón *Oligonychus punicae* Hirst. es una de las plagas del palto que afecta la producción y la calidad del fruto de manera considerable, y pone en riesgo la productividad de los agricultores de Huánuco, quienes dependen de este cultivo para su subsistencia. En ese sentido, se efectuó el estudio con la finalidad de determinar el efecto de cuatro acaricidas de última generación, para disminuir la densidad poblacional de ninfas y adultos del ácaro, así como establecer la reducción del grado de infestación, demostrar la eficacia de los acaricidas aplicados, y por último evaluar el impacto de los acaricidas en la entomofauna benéfica. El estudio se instaló bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, por los cuales se tuvieron 20 unidades experimentales. Se aplicaron los acaricidas: Matrine (biológico), *M. anisopliae* (biológico), extracto de ajo y pimienta (biológico) y Etoxazole (químico) en dos oportunidades, siendo la 2da., aplicación a los 27 días después del primero. Las evaluaciones se hicieron semanalmente durante 8 veces. Los resultados permitieron destacar al acaricida Etoxazole sobre la densidad poblacional del acaro, grado de infestación y eficacia de control de ninfas y adultos, sin embargo, este producto sintético perjudicó a la entomofauna benéfica, disminuyendo la población de los Chrysopidae, Coccinellidae, Reduviidae, Syrphidae, Vespidae y Apidae. No obstante, la aplicación de *M. anisopliae*, demostró un comportamiento eficiente en cuanto a la disminución de la densidad poblacional y grado de infestación, asimismo tuvo una eficacia superior al 70 % en el control de ninfas y adultos de *O. punicae*. Los acaricidas biológicos Matrine, *M. anisopliae* y extracto de ajo + pimienta no evidenciaron la disminución de la entomofauna benéfica. En conclusión, el acaricida que mejor comportamiento demostró en el control de *Oligonychus punicae* y con menor impacto en la entomofauna benéfica fue *Metarhizium anisopliae*.

**Palabras clave:** Acaricida de última generación, densidad poblacional, grado de infestación, eficacia de control, entomofauna benéfica.

## ABSTRACT

The brown mite *Oligonychus punicae* Hirst. It is one of the avocado pests that affects the production and quality of the fruit considerably, and puts at risk the productivity of Huánuco farmers, who depend on this crop for their subsistence. In this sense, the study was carried out with the purpose of determining the effect of four latest generation acaricides, to reduce the population density of nymphs and adults of the mite, as well as establish the reduction in the degree of infestation, demonstrate the effectiveness of the acaricides. applied, and finally evaluate the impact of acaricides on beneficial entomofauna. The study was set up under a Completely Randomized Block design (DBCA) with five treatments and four repetitions, for which there were 20 experimental units. The acaricides were applied: Matrine (biological), *M. anisopliae* (biological), garlic and pepper extract (biological) and Etoxazole (chemical) on two occasions, with the second application being 27 days after the first. The evaluations were done weekly for 8 times. The results allowed the Etoxazole acaricide to be highlighted on the population density of the mite, degree of infestation and effectiveness of control of nymphs and adults, however, this synthetic product harmed the beneficial entomofauna, decreasing the population of Chrysopidae, Coccinellidae, Reduviidae, Syrphidae, Vespidae and Apidae. However, the application of *M. anisopliae* demonstrated efficient behavior in terms of reducing population density and degree of infestation, and was also more than 70 % effective in controlling nymphs and adults of *O. punicae*. The biological acaricides Matrine, *M. anisopliae* and garlic + pepper extract did not show a decrease in beneficial entomofauna. In conclusion, the acaricide that demonstrated the best performance in the control of *Oligonychus punicae* and with the least impact on the beneficial entomofauna was *Metarhizium anisopliae*.

**Keywords:** Latest generation acaricide, population density, degree of infestation, control effectiveness, beneficial entomofauna.

## I. INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana* Mill.) en los últimos años se ha convertido en uno de los principales productos de mayor demanda a nivel nacional y mundial. En el Perú se registra un área sembrada de 39 218,12 Ha y una producción de 745 600,42 Tm en el periodo del 2023, reportando con mayor producción La Libertad con 342 490,52 Tm. La región de Huánuco reporta una producción de 5 120,50 Tm, teniendo como principales productores a las provincias de Leoncio Prado (2 053,40 Tm), Pachitea (1063 Tm), Huánuco (835,50 Tm) y Ambo (221,50 Tm) (MIDAGRI, 2024).

Actualmente la palta se ha convertido en un cultivo de importancia nacional, debido a que es un producto fundamental en la dieta alimenticia y es uno de los rubros de mayor exportación, con un crecimiento sorprendente que lo ha convertido en una de las estrellas de la agroexportación, este cultivo está cada vez con mayor expansión, debido a que ha demostrado tener valiosas propiedades alimenticias, destacándose por su alta concentración de proteínas y aceites insaturados, caracterizado por su fácil preparación sin necesidad de cocción y por la alta demanda de muchos países para su consumo.

El ácaro marrón, *Oligonychus punicae* Hirst, es la plaga más problemática en el cultivo de aguacate. Provoca una considerable defoliación, lo que reduce la capacidad fotosintética de las plantas, disminuye su productividad y afecta la calidad comercial de los frutos. Esta plaga está presente durante todo el ciclo fenológico del cultivo, siendo clasificada como una "plaga clave". Los daños que causa incluyen la succión de savia en las hojas, llegando a infestar hasta el 71 % de las plantas. El 90 % de la población de estos ácaros se encuentra en el haz de las hojas, especialmente en las nervaduras centrales y secundarias, donde las áreas infestadas adquieren una coloración pardo-rojiza (Peña y Wysoki, 2008).

En la Libertad, el ácaro marrón *Oligonychus punicae* es una plaga preocupante para el cultivo del palto, dado su impacto económico. Este ácaro se localiza principalmente en el haz de las hojas y muestra una preferencia por las plantas estresadas y las hojas cubiertas de polvo. Aunque puede encontrarse dañando a este cultivo durante todo el año, su incidencia es mayor durante los meses más cálidos, especialmente de noviembre a marzo. Durante este período, las temperaturas más altas favorecen su reproducción y actividad, lo que puede ocasionar pérdidas significativas para los agricultores de la región.

Para reducir la alta densidad poblacional de ácaros, aplican diferentes acaricidas como el Etoxazole y Milbemectin que son eficientes en el control de esta plaga. Milbemectin con efecto de 95 % en la mortalidad de ninfas y adultos, Etoxazole con efecto del 70 % en la mortalidad de ninfas y adultos (Escobedo, 2016).

En Huánuco, se ha observado que el porcentaje de infestación de *Oligonychus sp.* en las hojas de palto alcanza niveles superiores a 100 ácaros por hoja, lo que resulta en una disminución del rendimiento de la cosecha y ocasiona pérdidas económicas significativas para los agricultores (Parco, 2019). Ante esta situación, se sugiere la implementación de medidas de control químico para esta plaga antes de que alcance un nivel que cause un daño económico mayor. Como consecuencia del daño y las pérdidas ocasionadas por esta plaga, los agricultores suelen recurrir a plaguicidas convencionales que son tóxicos para el medio ambiente, como la Abamectina, debido a su efectividad en el control del ácaro y su bajo costo. Sin embargo, es importante destacar que el uso de estos productos conlleva la eliminación de la fauna benéfica, especialmente las abejas polinizadoras, un efecto negativo que los agricultores no tienen en cuenta.

En la región de Huánuco, muchos agricultores continúan utilizando plaguicidas altamente tóxicos en el cultivo de palto, como el Oxamil, Profenophos, Clorpyrifos, entre otros, debido a la falta de conocimiento y asesoramiento técnico sobre su uso adecuado. Esta práctica indiscriminada de pesticidas conlleva a la resistencia de las plagas, la eliminación de la fauna benéfica, la presencia de residuos tóxicos de los plaguicidas en los productos cosechados, riesgos para la salud de los consumidores y la contaminación ambiental. Una estrategia para mitigar estos impactos es la aplicación de acaricidas biológicos de baja toxicidad en dosis adecuadas, lo que contribuye a la protección del medio ambiente, previene la resistencia de las plagas, reduce la toxicidad en los frutos y minimiza el impacto en la fauna benéfica.

La importancia científica de esta investigación fue probar cuatro acaricidas de última generación de baja toxicidad para el control de ácaros y de esta manera se trató de encontrar el acaricida más eficaz para el control de esta “plaga clave”, disminuyendo la contaminación del medio ambiente y minimizando el impacto negativo de los acaricidas sobre la entomofauna benéfica.

La relevancia del presente trabajo de investigación se basó en buscar una alternativa de solución de esta “plaga clave” para posteriormente recomendar el uso de “acaricidas biológicos” a los agricultores de la región de Huánuco.

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de cuatro acaricidas de última generación en el control de *Oligonychus punicae* Hirst. y su impacto en la entomofauna benéfica en el cultivo de palto (*Persea americana* Mill) en Huánuco.

### **1.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar el efecto de cuatro acaricidas en la reducción de la densidad poblacional de *Oligonychus punicae* Hirst.
- b) Evaluar el efecto de cuatro acaricidas en la reducción del grado de infestación de *Oligonychus punicae* Hirst.
- c) Comprobar la eficacia de cuatro acaricidas en el control de *Oligonychus punicae* Hirst.
- d) Determinar el impacto de cuatro acaricidas sobre la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Palto

El palto (*Persea americana* Mill) es la especie más relevante y ampliamente estudiada de la familia Lauraceae, originario de México y América Central (Hurtado et al., 2018). Su distribución natural va desde México hasta Perú, pasando por Centro América, Colombia, Venezuela y Ecuador (Bernal y Díaz, 2005). Frutal valorado como alimento muy nutritivo y dietético por el importante contenido de aceites, proteínas y vitaminas (Whiley et al., 2007; Hurtado et al., 2018; Bernal y Díaz, 2005).

Se adapta en climas húmedos y semihúmedos, con marcadas diferencias entre las estaciones húmedas y secas, con temperatura baja (5 a 17 °C) y alta (18 a 26 °C), con precipitaciones que varían entre 665 mm y más de 2.000 mm/año; así como en diferentes rangos de altitud (0 a más de 2000 msnm); requiere suelos arenosos hasta los arcillosos, siempre y cuando posean un buen drenaje interno, factor que es de vital importancia (Bernal y Díaz, 2005). Las condiciones climáticas cambiantes generan en el cultivo de palto desordenes en la polinización, alterando la dicogamia sincronizada (Bernal y Díaz, 2005; Hurtado et al., 2018), en la zona de inserción del pedúnculo con el fruto, en la forma de los frutos y en su calidad interna (Carr, 2013)

El árbol que en condiciones naturales puede sobrepasar los 10 m de altura; poseen una raíz pivotante, muy ramificada, de distribución radial; de tronco cilíndrico, erecto, leñoso, ramificado, con una corteza áspera y a veces surcada longitudinalmente; las hojas del palto son pecioladas, alternas y de diversas formas; las flores están agrupadas en inflorescencias, presentando grupos integrados que contienen hasta 450 flores, que son perfectas, trímeras y hermafroditas; el fruto es una baya que varía en forma y tamaño según la raza al igual que la semilla (Bernal y Díaz, 2005).

En la producción de palto, el manejo de las plagas es una actividad esencial. Entre las plagas más importantes se encuentran los insectos que se alimentan de la savia de las hojas, como las cochinillas, los pulgones y los ácaros, así como los insectos que perforan troncos, ramas, frutos y semillas. Estas plagas tienen un significativo impacto económico debido al tipo de daño que causan y a las regulaciones de cuarentena que pueden afectar la exportación (Londoño, 2005).

Alata (1973) indica que las plagas insectiles más importantes del cultivo de palto en el Perú son: *Aleurodicus cocois* “mosca blanca gigante”, *Oligonychus punicae* “arañita marrón del palto”, *Oiketicus kirbyi* “bicho del cesto”, *Stenoma catenifer* “oruga barrenadora del fruto”, *Sabulodes caberata* “medidor verde”, *Oxydia* spp. “medidor marrón”, *Fiorinia fioriniae* “queresa diaspina”, *Protopulvinaria pyriformis* “queresa acorazonada” y *Hemiberlesia lataniae* y *Phyllocnistis* sp. “oruga minadora de las hojas.

Otras especies como plagas del palto son: la queresa arriCisñonada (*Abgrallaspis cyanophylli*), la queresa del ficus (*Chrysomphalus aonidum*), la queresa aplanada (*Chrysomphalus dictyospermi*), la mosca blanca en espiral (*Aleurodicus* sp.), la mosca pequeña (*Aleurotrachelus* sp.), la mosquita desordenada (*Paraleyrodes* sp.), y el ácaro del tostado (*Phyllocoptruta oleivora*). La presencia de estas plagas puede ocasionar daños significativos en el cultivo de palto, afectando el rendimiento y la calidad de la fruta (Peña y Wysoki, 2008).

El estudio de Mamani (2019) analizó la diversidad y riqueza funcional del agroecosistema de 20 variedades de palto. Los resultados revelaron que este ecosistema albergaba una alta abundancia de individuos insectiles, alcanzando los 29,215 insectos, con una riqueza de 77 especies. Además, se observó una baja dominancia de Simpson (0,21), lo que indica una distribución equitativa de las especies. La diversidad de Simpson fue alta (0,79), lo que sugiere una variedad de especies presentes, mientras que el índice de diversidad de Shannon-Weaver fue notablemente alto, alcanzando un valor de 1,93. Estos hallazgos resaltan la importancia de la biodiversidad en los agroecosistemas de palto, lo que puede contribuir a la estabilidad y resiliencia de este sistema agrícola.

## **2.2. *Oligonychus punicae* Hirst.**

El ácaro marrón del palto *Oligonychus* sp., se encuentra distribuido en diversos países de América del Sur, como Colombia, Ecuador, Brasil, y Argentina, también en regiones de América Central y Estados Unidos, aunque probablemente es originaria de Asia tropical (Escobedo, 2016). Es una plaga clave del palto, infesta hasta el 71 % de las plantas, se concentra especialmente en las nervaduras, produciendo decoloración pardo-rojiza (Peña y Wysoki, 2008). *Oligonychus* sp. posee un elevado número de especies fitófagas, cuyas colonias de arañita roja se desarrollan en la cara superior de las hojas junto a las nervaduras (López, 1998). pero también se alimenta de

la superficie inferior de la hoja y del fruto, cuando la densidad de ácaros es alta (Cloyd, 2020).

La arañita marrón *Oligonychus punicae* tiene una preferencia por el haz de las hojas y suele encontrarse con mayor frecuencia en plantas estresadas y hojas cubiertas de polvo. Su incidencia es más notable durante los meses de noviembre a marzo, cuando las temperaturas aumentan, aunque su presencia se registra durante todo el año (Gutiérrez, 2012). Además de las hojas, puede atacar brotes, flores y frutos en desarrollo, siendo más común su aparición durante los meses secos y calurosos, principalmente entre febrero y mayo; sin embargo, con la llegada de las lluvias disminuyen (Lemus-Soriano, 2017). Se ha observado que algunas especies de *Oligonychus* tienen una distribución restringida a diferentes altitudes; por ejemplo, algunas se encuentran en palta cultivada a más de 1200 metros sobre el nivel del mar, mientras que otras se limitan a altitudes inferiores a esta, afectando no solo a los cultivos de palto, sino también a otras plantas huéspedes (Deza-Deza y Pinna-Cabrejos, 2023).

Las altas densidades poblacionales pueden causar defoliación severa en varios cultivares de aguacate, por lo que podría extenderse a la superficie inferior de la hoja en niveles de población altos. El daño en las plantas hospedantes se muestra por un tono bronce en las hojas, que se demostró que está asociado con las tasas de oviposición y producción femenina. En América tropical, el ácaro pardo del aguacate ha sido reportado en más de 20 especies de plantas como *Mangifera indica* L., *Musa sapientum* L., *Punica granatum* L. y *Vitis vinífera* L. En Venezuela se registró en *Musa* spp. de Sur del Lago, Estado Zulia. Más recientemente se ha observado como plaga ocasional en la uva del estado Lara, donde su alimentación retrasa la maduración de la fruta (Vásquez et al., 2008).

Las poblaciones de arañita marrón presentan una distribución de tipo agregada, ajustándose a los modelos de tipo Gaussiano, Esférico y Exponencial, demostrando que las infestaciones no se distribuyen en el 100 % de las parcelas de aguacate, encontrando lugares donde la infestación es poca, lo cual permitiría dirigir de manera eficaz acciones de control químico, razón por el cual es importante, realizar monitoreos para comprender la distribución de los ácaros en el palto (Lara-Vásquez et al., 2018).

### 2.2.1. Clasificación taxonómica

*Oligonychus* Berlese (Acari: Prostigmata: Tetranychidae) es el género más grande de arañas rojas, comprende más de 200 especies, y sus miembros han sido reportados en todo el mundo. Se produce una variedad de especificidad alimentaria en todo el género, con especies polífagas, oligófagas y monófagas presentes en huéspedes comerciales (frutas, cultivos agronómicos, etc.) y no comerciales (árboles silvestres, arbustos, pastos, etc.) de hojas anchas y estrechas. Algunas especies económicamente importantes, por ejemplo, el ácaro de la palmera datilera *O. afrasiaticus* (McGregor), la araña roja del té *O. coffeae* (Neitner), el ácaro de la hierba de los bancos/ácaro del nuevo mundo *O. pratensis* (Banks) y el ácaro marrón del aguacate El ácaro *O. punicae* (Hirst), se ha extendido por todo el mundo y ahora está ampliamente distribuido (Mushtaq et al., 2021).

En el cultivo de palto, se presentan con frecuencia los ácaros fitófagos de la familia Tetranychidae, causando daño a las hojas y los frutos. En México, se han detectado dos especies como las más importantes: *Oligonychus punicae* y *Oligonychus perseae*, causando daño en el follaje; en Chile la plaga más frecuente en los huertos de palto es *Oligonychus yothersi*. La especie registrada para Perú como plaga en el cultivo de palto es *Oligonychus punicae* (Cisneros, 1995; Teliz, 2007).

Vásquez et al. (2008), Lemus y Pérez (2016), Mushtaq et al. (2021) y Deza-Deza y Pinna-Cabrejos (2023) indican que el ácaro marrón procede de la familia Tetranychidae, además mencionan la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Clase	: Arácnida
Subclase	: Acari
Orden	: Acarina
Suborden	: Actinedida
Superfamilia	: Tetranychoidae
Familia	: Tetranychidae
Género	: <i>Oligonychus</i>
Especie	: <i>Oligonychus punicae</i> (Hirts)

### 2.2.2. Morfología

La cutícula de los ácaros está formada por quitina y proteínas, se divide en endocutícula (flexible y suave), y la exocutícula (rígida). Estas dos capas pueden contener compuestos como melanina y resilina que confieren coloración y flexibilidad. La epicutícula (capa más externa), contiene proteínas, glicoproteínas, quinonas, cera y lípidos, especialmente hidrocarburos como alcanos y alquenos los cuales constituyen más del 90 % de los lípidos, también pueden encontrarse otros compuestos tales como ácidos grasos (ácido palmítico, ácido linoleico, ácido metil linoleato y ácido oleico) alcoholes, cetonas, aldehídos, esteroides, glicéridos y compuestos con grupos nitrilo, además de monoterpenos, rosefurano, nerol, neral, geraniol, entre otros (Soto et al., 2011).

Reyes y Mesa (2011) detallan las características morfológicas de *Oligonychus* sp.: El huevo es esférico, inicialmente transparente y luego adquiere bandas negras y una coloración anaranjada antes de eclosionar, variando según el hospedero. Las larvas emergen amarillas con puntos rojos y tres pares de patas. Las ninfas, divididas en protoninfa y deutoninfa, tienen cuatro pares de patas, una forma oval y son móviles, precedidas por estados quiescentes. Los adultos, de color rojo, presentan diferencias en tamaño y forma entre machos y hembras.



**Fuente:** Reyes y Mesa (2011).

**Figura 1.** Morfología del ácaro (*Oligonychus* sp.)

Las especies de *Oligonychus* pertenecen a la tribu Tetranychini y comparten muchas características con las especies de *Tetranychus*, pero pueden distinguirse por las siguientes características: empodio en forma de uña, con pelos proximoventrales, los dos pares de setas dúplex del tarso colocadas relativamente cerca una de la otra. El opistosoma tiene 10 pares de setas dorsales, la región anal con dos pares de setas anales y un par de para- anales (North American Plant Protection Organization [NAPPO], 2014).

### **2.2.3. Ciclo biológico de *Oligonychus punicae* Hirst.**

La arañita marrón en su ciclo biológico en condiciones de laboratorio, de cada estadio de desarrollo y su tiempo generacional a 23°C, fue de: huevo 9.6 días; larva 2.4 días, protocrisálida 2.3 días, protoninfa 2 días, deutocrisálida, 1.4 días, deutoninfa 1.3 días y teliocrisálida 1.4 días, para una duración total de huevo a adulto de 20.4 días. (Imbachi et al., 2017), presentando las hembras una longevidad que puede variar dependiendo de las variedades de palto, lo que quiere decir que los factores están más relacionados al estado nutricional y a la temperatura (Kerguelen & Hoddle, 2000).

El estudio de Vásquez et al. (2008) investigó el ciclo de vida, la fecundidad y la longevidad del ácaro pardo del aguacate, *O. punicae*, en seis cultivares de vid en condiciones de laboratorio. Se observaron diferencias en el ciclo de vida, con valores promedio de 8,2 a 9,1 días. La fecundidad varió entre los cultivares, siendo más alta en Tucupita y más baja en Sirah y Villanueva. La longevidad de las hembras también mostró variación, con valores entre 8,1 y 17,5 días. Se encontró una alta tasa intrínseca de aumento en los cultivares Sauvignon y Tucupita. Aunque se detectaron diferencias en el contenido de metabolitos secundarios entre los cultivares, no pareció afectar los parámetros de los ácaros. Este estudio sugiere que la resistencia natural de las plantas podría ser útil en el manejo integrado de plagas de ácaros en la producción de uva.

En su estudio del ciclo biológico de *O. punicae* en palto, Imbachi et al. (2017) realizaron observaciones en condiciones de laboratorio a una temperatura de 23 °C. El tiempo de desarrollo desde el huevo hasta el adulto fue de 20.4 días en total. Detalladamente, se encontró que el huevo tiene una duración promedio de 9,6 días. Esto contrasta con el hallazgo de Reyes y Mesa (2011), quienes mencionaron que, bajo condiciones de laboratorio a 26 °C, la duración del huevo es de 4,96 días.

En cuanto a la larva, Reyes y Mesa (2011) encontraron que, en condiciones similares a 26 °C, la duración es de 2.25 días, mientras que Imbachi et al. (2017) reportaron 2.4 días. Además, León (2003) especificó que la ninfa de *Oligonychus* sp. en cultivares de palto variedad Hass y variedad fuerte dura 2,43 y 2,50 días, respectivamente.

El período de protocrisálida fue observado en 2,24 días por Imbachi et al. (2017), mientras que Reyes y Mesa (2011) reportaron 0,76 días a 26 °C. La protoninfa, por otro lado, tuvo una duración de 2,01 días según Imbachi et al. (2017), pero León (2003) encontró que en variedades de palto Hass y fuerte, este período fue de 2,13 y 2,28 días, respectivamente. Reyes y Mesa (2011) observaron una duración de 2,11 días a 26 °C.

Para la deutocrisálida, Imbachi et al. (2017) registraron 1.45 días, mientras que Reyes y Mesa (2011) encontraron 0.90 días a 26 °C. La deutoninfa, según Imbachi et al. (2017), dura 1.33 días, mientras que León (2003) reportó 2 y 2.13 días para variedades Hass y fuerte, respectivamente. Reyes y Mesa (2011) reportaron 2.61 días a 26 °C.

Finalmente, la teliocrisálida fue observada por Imbachi et al. (2017) en 1.42 días, mientras que Reyes y Mesa (2011) encontraron 1.28 días a 26 °C. El adulto, según Imbachi et al. (2017), vive un promedio de 20.38 días, mientras que León (2003) reportó 9 días para variedades Hass y 7 días para variedades fuertes a 25 °C y 70 % de humedad relativa. Reyes y Mesa (2011) mencionaron un período total de huevo a adulto de 14 días a 26 °C y 56 % de humedad relativa.

#### **2.2.4. Daños**

Según Rojas (1981) los ataques de ácaros en paltos se producen en la cara superior de las hojas, de preferencia a lo largo del nervio medio, extendiéndose en menor grado hacia los laterales. En estos sectores de las hojas se agrupan los huevos, ninfas y adultos de ácaros, quedando protegidos por una delgada tela de hilos blanquecinos. El efecto succionador de los ácaros, en sus diferentes estados de desarrollo sobre las hojas de paltos, se traduce en un cambio notorio y visible de coloración en los sectores atacados, del verde intenso a una coloración rojo-cobrizo y un efecto de epinastia desde los bordes de las hojas hacia el nervio medio.

Los ácaros inmaduros y adultos se alimentan del contenido celular de las hojas del palto, causando consecuencias directas sobre la calidad de la fruta y los rendimientos del cultivo, principalmente en las hojas, donde producen puntuaciones blanquecinas que causan el secado o la defoliación de las plantas (Peña y Wysoki, 2008; Vásquez et al., 2008). Esta alimentación provoca una disminución de la tasa fotosintética, de la conductancia estomática y de la transpiración, afectando negativamente la fisiología de las hojas del palto y, por lo tanto, la calidad de la fruta y los rendimientos del cultivo (López, 1998).

Tamay y De La Cruz (2019) mencionan que en investigaciones realizadas en California sobre *Oligonychus punicae*, estiman que con un 46 % de daño en la superficie foliar de palto, existe un 30 % de reducción de la fotosíntesis. Esto se debe no solo a la disminución de la apertura de los estomas, sino también a la destrucción de las células del mesófilo y la reducción del contenido de clorofila en las hojas dañadas.

León (2003) mencionan que altas poblaciones de *O. punicae* son necesarias para producir daños serios al cultivo de palto. El clima y los enemigos naturales mantienen las poblaciones en niveles bajos, mientras que la caída natural de las hojas en marzo y abril contribuye a la reducción poblacional del ácaro. Además, el buen tiempo de primavera y la lluvia de verano mantienen las poblaciones de *O. punicae* bajo niveles de daño económico. El incremento estacional generalmente comienza a principios del verano con un pico poblacional a fines de verano.

En el palto, Deza-Deza y Pinna-Cabrejo (2023) indican que el contenido medio de clorofila en el haz de las hojas disminuye al presentar lesiones por ácaros superiores al 65 % de la hoja, mientras que el contenido de clorofila del envés de la hoja se mantiene igual en diferentes niveles de lesión. Esto se debe a que la alimentación del ácaro marrón del palto normalmente se limita al haz de la hoja, hasta que las poblaciones de ácaros se vuelven extremadamente altas. Sin embargo, los diferentes grados de infestación de *O. punicae* no influyen en los índices de clorofila en las hojas de palto.

Los ácaros, como resultado de su alimentación, provocan una decoloración del área afectada, perdiendo su coloración verde para volverse café a bronceada (López, 1998). Inicialmente, estos insectos se alimentan de la superficie

superior de las hojas, lo que provoca la aparición de manchas blancas foliares. Con el tiempo, estas manchas evolucionan y adquieren un tono marrón rojizo, especialmente en el área cercana a la nervadura central de la hoja. Cuando la infestación alcanza niveles elevados, las consecuencias pueden incluir la pérdida parcial de follaje en la planta afectada (Vásquez et al., 2008; Reyes y Mesa, 2011; Mushtaq et al., 2021 y Deza-Deza y Pinna-Cabrejos, 2023)

Existen reportes de que el aceite de andiroba no es letal para las obreras adultas de *Apis mellifera*, aunque presentó toxicidad aguda para las larvas de abejas, al igual que el extracto de ajo y el aceite de neem. Las larvas expuestas con estos insecticidas, excepto el aceite de eucalipto, dan lugar a obreras adultas con menor masa corporal. Además, todos estos insecticidas botánicos resultaron repelentes para las obreras adultas y, salvo el aceite de andiroba, redujeron la actividad de caminar. Los resultados resaltan la necesidad de evaluar los efectos secundarios de los biopesticidas en polinizadores no objetivo (Xavier et al., 2015)

Existen reportes que los coccinélidos *Coccinella septempunctata*, *C. septempunctata brucki* y *Harmonia axyridis* pueden depredar pulgones infectados en una etapa tardía de *Pandora neoaphidis*, así como también prefieren a pulgones no infectados. Para el coccinélido *Cheilomenes lunata* depredador de diferentes especies de áfidos, las aplicaciones del aislado ICIPÉ 62 de *Metarhizium anisopliae* su virulencia es menos perjudicial para los adultos del coccinélido (Bayissa et al., 2015). La detección y evitación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* por parte de las termitas (*Macrotermes michaelseni*) depende de la virulencia del aislado; los aislados infecciosos son reconocidos y evitados. La chinche *Anthocoris nemorum* (Heteroptera: Anthocoridae) evitaba las superficies de las hojas inoculadas con el hongo *Beauveria bassiana* (Ormond et al., 2011).

### **2.3. Entomofauna benéfica del palto**

Según el trabajo de Mamani (2019) realizado en Huánuco, el cultivo de palto presenta una diversidad notable, con un índice de 1,93 contando con 77 morfoespecies y 29 215 individuos distribuidos en 12 órdenes y 47 familias. Destaca la familia Diaspididae con 20 754 individuos, seguida por Aleyrodidae con 3 390. En

términos de abundancia, el 88 % de los insectos son fitófagos, los descomponedores representan el 7 % sólo el 1 % de controladores biológicos.

Por otro lado, en la investigación de Collantes y Rodríguez (2021) sobre insectos depredadores en palto y mandarina, identificó dos órdenes de arácnidos y seis de insectos depredadores, comprendiendo 17 familias y 23 especies asociadas a cultivos de aguacate y mandarina en Cañete. Destacan *Ceraeochrysa cincta*, controlando *Aphis spiraecola*, *Harmonia axyridis* depredando Hemiptera y *Gasteracantha cancriformis*, la araña más común, predadora generalista. Aunque se recolectaron solo 62 especímenes, debido a la presión de plaguicidas sintéticos, se insta a adoptar un manejo responsable para promover insectos y arácnidos depredadores, clave en servicios ecosistémicos.

En el Perú, se están llevando a cabo trabajos para evaluar la eficacia de los ácaros predadores como controladores biológicos, dado el abundante número de especies benéficas nativas o naturalizadas observadas (ProCitrus, 2011). Guanilo y Martínez (2007) han reportado diversas especies como controladores biológicos de ácaros, entre las que se incluyen *Aeolothrips* sp, *Amblyseius chungas*, *Ceraeochrysa cincta*, *Chrysoperla externa*, *Mexechelus* sp, *Neoseiulus californicus*, *Oligota* sp, *Phytoseiulus persimilis*, *Stethorus* sp, *Stethorus tridens*, *Typhlodromus tropica*, *T. evectus* y *T. travalensis*.

Desde abril del 2007, se introdujo en el Perú el ácaro predador *Euseius stipulatus* (Athias Henriot), procedente de España, y en noviembre de 2007 se introdujo la especie *Amblyseius largoensis* (Muma). El ácaro *O. punicae*, por su parte, cuenta con dos especies de enemigos biológicos, *Phytoseiulus persimilis* y *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseidae), cuya utilización representa una alternativa de control biológico en sustitución del uso de acaricidas químicos (León, 2016).

El estudio de Castro-López y Martínez-Osorio (2019) mencionaron que *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, en condiciones controladas, no tuvieron un impacto significativo en el segundo y tercer estadio larval de *Chrysoperla externa*. El primer estadio larval de *C. externa* mostró mayor susceptibilidad a *B. bassiana*, con una mortalidad del 15 % a una dosis de  $1 \times 10^8$  conidias mL<sup>-1</sup>. La combinación de *C. externa*, *B. bassiana* y *M. anisopliae* para el control de *Trialeurodes vaporariorum* puede ser una estrategia de manejo viable debido a su baja incompatibilidad observada.

## 2.4. Acaricidas de última generación

### 2.4.1. Matrine

Matrine es un alcaloide extraído de hierbas tradicionales chinas, incluidas *Sophora flavescens*, *Sophora alopecuroides*, raíz de *Sophora*, etc. Tiene la doble ventaja de las hierbas tradicionales chinas y los medicamentos de quimioterapia. Muestra distintos beneficios en la prevención y mejora de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares y los tumores. Matrine tiene ventajas únicas en el tratamiento de diversas enfermedades crónicas y se usa ampliamente para tratar hepatitis viral, fibrosis hepática, arritmia y enfermedades autoinmunes (Sun et al., 2022).

Recientemente, en los Estados Unidos, se ha introducido una fórmula precomercial elaborada con extractos de raíces secas de *Sophora flavescens* (Fabaceae), hojas de *Pterocarya stenoptera* (Juglandaceae) y aceites esenciales de hojas de *Platyclusus orientalis*, Franco (Cupressaceae) para combatir plagas de artrópodos ectoparásitos y endoparásitos. El componente activo principal es el alcaloide Matrine, un compuesto heterocíclico (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>N<sub>2</sub>O) derivado de la quinolizidina. El Matrine se ha empleado sola o combinada con otros extractos botánicos y pesticidas sintéticos para controlar una variedad de plagas y enfermedades en cultivos de hortalizas, frutas, flores y té en China (Zanardi et al., 2015).

El compuesto isómero de Matrine se denomina Lupanina, que es miembro de la familia de las quinolinas tetracíclicas y tiene actividad agrícola. Estudios recientes sobre las aplicaciones agrícolas de Matrine y sus derivados, así como la alteración estructural de Matrine, han llevado a este resultado. Estudios de los ingredientes activos de *Sophora* revelan alta mortalidad en ácaros tetraníquidos, debido a la prolongación de su efecto, y en grados variables, estimular las actividades peroxidasa, glutatión s-transferasa y acetilcolinesterasa del ácaro adulto. Además, el efecto de Matrine se amplía al combinar con enemigos naturales, por ejemplo, al liberar *Neoseiulus cucumeris* 6 días después del tratamiento con Matrine al 0,5 %, el control relativo fue del 82,65 % después de 20 días contra *T. urticae* (Kowah et al., 2023).

La eficacia del alcaloide Matrine como plaguicida es limitada respecto a los plaguicidas comerciales, razón de ello, Min et al. (2020) efectuó la modificación de la estructura química del alcaloide Matrine en el ácido N-(p-etil) fenil

sulfonilmatrínico, denominado compuesto 2, el cual exhibe una actividad acaricida de casi 5,9 veces que el Matrine. Su modo de acción radica en que activan los nAChR y VGSC mediante la regulación positiva de las subunidades  $\alpha 1$ ,  $\alpha 4$  y  $\alpha 5$  y las expresiones de VGSC de nAChR, y podría inhibir la AChE mediante la regulación negativa de las expresiones de AChE y la inhibición de la actividad de la enzima AChE.

El insecticida acaricida Greenex Ultra® desarrollado por Montana (2024) informa que el ingrediente activo Matrine 0,5 % opera mediante acción de contacto y estomacal. Este compuesto afecta el sistema nervioso central del insecto, lo que resulta en parálisis y bloqueo del suministro de aire a las células, culminando en la asfixia del insecto. Además, restringe la ingesta de alimentos, lo que conduce a una disminución en la viabilidad de las larvas o estados inmaduros y obstaculiza el desarrollo del insecto.

#### **2.4.2. Extracto de ajo + pimienta**

Son componentes del acaricida biológico Mitekill de origen vegetal, aprobado para agricultura orgánica que contiene extractos de ajo (1,3 g/L) y pimienta negra (0,1 g/L) en formulación concentrada emulsionable. Eficaz contra ácaros por contacto directo y efecto ovicida, se usa en cultivos como mandarina y palto. Se aplica al detectar los primeros ácaros con equipo de pulverización adecuado, utilizando ropa protectora. Compatible con la mayoría de plaguicidas, se recomienda hacer una prueba de compatibilidad antes de mezclar (Serfi, 2024).

El extracto de ajos se emplea como preventivo y su acción es sistémico, se introduce en el sistema vascular de la planta, alterando su olor natural, este cambio de olor en la planta, evitará el ataque de insectos, también provoca trastornos alimentarios, consiguiendo que el insecto deje de alimentarse, ocasionando su muerte (Tejeda et al., 2016). Los compuestos del ajo son conocidos por ser inestables, incluidos aquellos que tienen propiedades de repelencia, como la alicina (Preisser et al., 2018). Se ha demostrado que el extracto acuoso de ajo alcanzó cerca del 84 % de mortalidad al cabo de siete días en *T. urticae* y *T. cinnabarinus*, asimismo, redujo significativamente la oviposición y la incubabilidad de los huevos en ambas especies (Habashy, 2018).

La mortalidad del extracto de ajo en *T. urticae* fue del 60 % después de tres días de tratamiento y del 63 % después de siete días de tratamiento, el cual se debe

a su acción por contacto al degradar la cutícula del ácaro, mediante los metabolitos de Alicina y otros. Además, el extracto de ajo se considera el más adecuado para el MIP porque tiene un efecto mínimo sobre el ácaro depredador *Phytoseiulus persimilis* (Nour El-Deen & Abdallah, 2013).

El extracto de pimienta negra tiene muchos fitoquímicos prometedores con actividad insecticida de *Piper nigrum*, *P. guineense* y *P. tuberculatum*. Estos fitoquímicos, tienen varios modos de acción, incluida la toxicidad por contacto, el sinergismo, las propiedades repelentes y anti alimentarias, el cual se atribuye a la concentración de piperamidas y piperina, comúnmente presentes en la semilla de pimienta negra (Scott et al., 2007). La piperamida es una molécula bifuncional que combina neurotoxicidad con inhibición de monooxigenasas, debido a la actividad de los grupos amida y metilendioxfenil, respectivamente. La actividad sinérgica consiste en la mezcla de sustancias aisladas análogos, el cual consigue inhibiendo las enzimas de desintoxicación del insecto y los numerosos análogos similares pueden ralentizar el desarrollo de resistencia a las formulaciones de *Piper* en una población de insectos tratada (Scott et al., 2005).

La piperidina funciona como inhibidor de la biosíntesis de lípidos, al inhibir la actividad de la acetil-CoA carboxilasa (ACCase) en el proceso de síntesis de lípidos en las plagas, se interrumpe la síntesis de lípidos, bloqueando así el metabolismo energético normal de las plagas y, finalmente, provocando su muerte (Sun et al., 2024). Recientemente, se sintetizaron dos nuevas series de derivados de tipo piperina éster y éster de oxima; algunos compuestos mostraron más de 100 veces la actividad acaricida de la piperina contra *Tetranychus cinnabarinus*. Además, se demostraron que sus posibles actividades acaricidas pueden estar relacionadas con la destrucción de la construcción de la cresta de la capa de cutícula de *T. cinnabarinus* (Han et al., 2023).

### **2.4.3. Etoxazole**

Este compuesto posee el grupo 2,6-difluorofenilo, al igual que la flufenzina y la clase de las benzoilfenilurea. Muestra alta actividad contra huevos, larvas y ninfas de varios ácaros, pero no es activo contra ácaros adultos. El Etoxazole también controla los pulgones, los saltamontes verdes del arroz y las polillas del lomo de diamante. El Etoxazole no afecta negativamente a *Phytoseiulus persimilis*. Tiene baja toxicidad para

los mamíferos ( $LD_{50}$  5000 mg.kg<sup>-1</sup>) y corta persistencia ambiental ( $DT_{50}$  19 días). El modo de acción del Etoxazole parece ser una inhibición del proceso de muda durante el desarrollo de los ácaros con un mecanismo que se sugiere es similar al de las benzoilfenilureas (Dekeyser, 2005).

El Etoxazole es el único compuesto comercializado que pertenece a la clase química de las 2,4-difenil-1,3-oxazolinas. Las principales plagas a las que se dirige el Etoxazole son los ácaros tetraníquidos como *Panonychus* spp. y *Tetranychus* spp. El Etoxazole es activo contra los huevos, larvas y ninfas de los ácaros, pero carece de eficacia contra los adultos masculinos y femeninos. Suele presentar una alta eficacia y comportarse como un regulador del crecimiento de insectos/ácaros, considerando sus efectos en las diferentes etapas de desarrollo mencionadas anteriormente. Sin embargo, una de las principales amenazas de los nuevos modos de acción acaricidas es el desarrollo de resistencias (Nauen & Smagghe, 2006).

El Etoxazole es un polvo cristalino blanco que fluye libremente y que se puede disolver muy fácilmente en organosolventes generales como acetato de etilo, dimetilbenceno, tetrahidrofurano, ciclohexanona, acetona y alcohol. El Etoxazole es conocido como pesticida alternativo a los carbamatos, organoclorados y otros acaricidas e insecticidas, cuyos usos están estrictamente limitados e incluso prohibidos en algunos casos. El mecanismo de acción del Etoxazole (inhibición del proceso de muda durante el desarrollo de insectos y ácaros) es similar al de las benzoilfenilureas, una clase de insecticidas que interfieren con la biosíntesis de quitina (Li et al., 2014).

La actividad acaricida del Etoxazole sobre *Tetranychus* spp, *Eotetranychus* spp y *Panonychus* sp y varios Tarsonemide. Actúa como ovicida y disruptor de la muda en todas las etapas inmaduras, afectando la ovogénesis. Su mecanismo de acción no está completamente entendido, pero se sabe que induce defectos en la formación de la quitina de manera diferente a las benzoilúreas convencionales. Además de controlar los estados inmaduros, actúa como disruptor de la reproducción, reduciendo la población en la siguiente generación. Presenta actividad por contacto, ingestión y translaminar en la planta tratada, controlando huevos, larvas y ninfas, y reduciendo la ovoposición transovárica en hembras tratadas (Murillo-López, 2010).

Karmakar et al. (2014) registro una mortalidad muy baja de *Oligonychus coffeae* durante el experimento en la primera temporada, en diferentes dosis de parcelas tratadas con Etoxazole donde observaron entre 5,01 y un 15,98 % de mortalidad de ácaros 1 día después de la pulverización. Mortalidad de ácaros en las parcelas de estos tres tratamientos, mientras que se observó un 100 % de mortalidad de ácaros en las tres dosis de Etoxazole. parcelas tratadas 15 días después de la primera ronda de aspersión. En la segunda temporada, también se registraron muy baja mortalidad de ácaros a 1 y 3 días después de la primera ronda de aspersión. Sin embargo, a los 7 y 15 días después de la pulverización se registraron entre 96 a 100 % de mortalidad de ácaros.

#### **2.4.4. *Metarhizium anisopliae***

La infección de los hongos entomopatógenos comienza con la unión de formas dispersivas unicelulares del hongo, por ejemplo, conidias o blastosporas, a la cutícula del insecto. La expresión de una variedad de enzimas hidrolíticas, por ejemplo, proteasas, quitinasas y lipasas, y otros factores, promueven la germinación y el crecimiento del hongo en la superficie del huésped y la posterior penetración de las capas cuticulares. Durante este proceso, el hongo produce cualquier cantidad de estructuras de infección especializadas que pueden incluir clavijas de penetración y/o apresorios, que permiten que las hifas en crecimiento penetren en el tegumento del huésped. Básicamente, es en las últimas etapas de este proceso cuando el patógeno se encuentra con el sistema inmunológico del huésped (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013).

La infección por *Metarhizium* sp. sobre insectos huéspedes consta de varias etapas. Los conidios del hongo se adhieren a la cutícula cerosa del huésped y germinan. Los tubos germinales pueden diferenciarse en el apresorio, desde donde se produce la penetración a través de la clavija de penetración. El hongo puede degradar y penetrar la cutícula del insecto utilizando una combinación de enzimas que degradan la cutícula y presión mecánica mientras supera cualquier estrés encontrado en el camino. Luego, el hongo coloniza la hemolinfa del insecto, provocando la micosis de los insectos. Cuando el huésped muere, las hifas expulsan el cadáver al ambiente exterior y forman una densa red micelial y esporas verdes. Este evento inicia una nueva ronda de infección (Wasuwan et al., 2022).

La virulencia de los hongos no sólo depende de la cepa del hongo, sino también de la formulación, la dosis y la frecuencia de aplicación. Por ejemplo, se obtuvo >80 % de mortalidad de hembras adultas de *T. evansi* y *T. cinnabarinus* con cepas virulentas de *B. bassiana*. Los estudios de campo muestran que se puede lograr un control eficaz de los ácaros mediante altas tasas de aplicación (dosis y/frecuencia) y el uso de vehículos adecuados. Las formulaciones emulsionables parecen brindar el mejor control, como se informó para *B. bassiana* contra el ácaro rojo de los cítricos, *Panonychus citri*, el ácaro rojo europeo, *Panonychus ulmi* en la manzana y la araña del algodón. ácaros, *T. trunca* y *T. turkestanii* (Dogan et al., 2017).

La susceptibilidad a la infección puede depender en gran medida de la etapa de desarrollo del insecto. Los insectos mudados son particularmente vulnerables desde la nueva cutícula. es blando y no completamente esclerotizado. La dureza de la cutícula se atribuye directamente a la mineralización y/o esclerotización, haciéndola recalcitrante. a la degradación enzimática. El calcio, el magnesio y el fósforo son los principales elementos minerales en las exuvias puparias (Butt et al., 2016).

Varios informes han demostrado que *Metarhizium anisopliae* se utiliza para controlar la araña roja. La acción de *M. anisopliae* sobre los artrópodos implica la adhesión de las esporas de *M. anisopliae* a la epicutícula de su huésped. Secreta proteínas que incluyen subtilisinas, tripsinas, quimotripsinas y carboxipeptidasas para degradar la proteína de la procutícula de los artrópodos antes de colonizar la hemolinfa. Además, la producción de toxinas daña los tejidos y, en última instancia, provoca la muerte. La capacidad de *M. anisopliae* para infectar tantos huéspedes distintos se debe a su capacidad para producir tipos y cantidades únicas de proteínas para cada huésped (El Sherif et al., 2024).

Según los hallazgos de Bugeme et al. (2014) los estados maduros (deutoninfas y adultos) de *Tetranychus urticae* fueron generalmente más susceptibles que los inmaduros (larvas y protoninfas) a los hongos entomopatógenos como *M. anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Estas diferencias en la susceptibilidad, se han atribuido a las características de su cutícula: la interacción entre el tegumento de los artrópodos al ser penetrado por el hongo y la muda. La muda juega un papel importante en la resistencia de los artrópodos a la infección por hongos, especialmente cuando el intervalo de tiempo

entre etapas de muda consecutivas es corto, como es el caso de las larvas y protoninfas del *T. urticae*.

## 2.5. Estudios realizados

### 2.5.1. A nivel internacional

El estudio llevado a cabo por Lemus y Pérez (2016) examinó la eficacia de varios insecticidas frecuentemente empleados contra *Oligonychus punicae*, como abamectina (0,5 L/ha), fenpyroximate (0,3 L/ha), bifenazate (0,3 kg/ha), Spirodiclofen (0,4 L/ha), lambda cyalotrina (0,5 L/ha), milbemectina (0,75 L/ha) y azadiractina (1,0 L/ha). Estos fueron aplicados y posteriormente monitoreados (7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación). Los resultados indican una efectividad significativa de los tratamientos, ya que, todos lograron reducir las poblaciones en comparación con el control, especialmente fenpyroximate y bifenazate, que redujeron las poblaciones a menos de 20 ácaros por hoja después de 28 días desde la aplicación.

La evaluación realizada por Dogan et al. (2017) sobre la eficacia de cepas de hongos entomopatógenos: *Metarhizium brunneum* (ARSEF 4556 y V275), *M. flavoviride* UPH-0288, *Lecanicillium lecanii* UPH-0241 y *Beauveria bassiana* UPH-1103 con jóvenes y adultos de *Tetranychus urticae*. En huevos, mataron entre 11,8 y el 14,3 % (placas Petri) y entre el 12,8 y 17 % de los huevos (macetas) también, en las etapas móviles causaron mortalidad de 57,3 a 90,3 % (placas Petri) y 29,5 a 67,5 % (macetas). Generalmente, los adultos de *T. urticae* fueron más susceptibles a los hongos que los jóvenes, en los cuales todas las cepas la mortalidad fue mayor del 80 %, excepto, *M. flavoviride* (67 %). La susceptibilidad de los ácaros hembra depredadores ocurrió con *M. brunneum* V275 condicionada por la dosis y la especie depredadora; por lo tanto, la mortalidad con  $1 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$  conidios/ml fue de 58, 81 a 100 % para *P. persimilis* y mientras de 52, 75 a 91 % *N. californicus* respectivamente. Sin embargo, el número de huevos y estadios juveniles de los depredadores liberados no fueron afectados, ya que la nueva generación aumentó de 3 a 9 veces.

En la investigación de Álvarez (2020) empleó tres acaricidas para el control de *Oligonychus punicae* en árboles de palto variedad Hass durante el estado fenológico desarrollo vegetativo y floración - fructificación. Los ingredientes activos de los acaricidas fueron: novaluron + benzoato de emamectina (Barazide EC), acetamiprid +

benzoato de emamectina (Ubertop 255 DC) y acetamiprid + novaluron (Scarlett EC), los cuales se aplicaron dos veces con 14 días de frecuencia. Producto de los conteos de ninfas + adultos del ácaro se tuvo como resultado que el novaluron + benzoato de emamectina a 0,30 L/ha pudo reducir la población de 1,02 y 0,62 individuos por hoja en la 1ra. y 2da. evaluación en el sitio 1, mientras que de 0,85 y 0,75 individuos por hoja en la 1ra. y 2da. evaluación en el sitio 2 respectivamente.

El estudio de Singh (2022) determinó la eficacia de cuatro acaricidas en diferentes dosis durante junio-julio de 2017 en Himachal Pradesh contra *Panonychus ulmi* y *Tetranychus urticae* en huertos de manzanos. Después de 7 días de pulverización (dp), se obtuvo la máxima eficacia con fenazaquin 0,20 ml/L (0,50 ácaros/hoja), que estaba a la par con otras concentraciones de prueba de fenazaquin 0,15 y 0,25 ml/L, hexitiazox 0,5 y 1,0 ml/L, Etoxazole 0,25; 0,4 y 0,55 ml/L y abamectina 0,5 y 0,6 ml/L. A los 14 y 21 dp, la incidencia de ácaros aumentó gradualmente en todos los tratamientos, todas las concentraciones de hexitiazox, fenazaquina y Etoxazole fueron significativamente superiores. Después de 28 dp, la eficacia máxima fue nuevamente con fenazaquina a 0,25 ml/l, que estaba a la par con hexitiazox (0,5 y 1,0 ml/L), Etoxazole (0,25; 0,4 y 0,55 ml/L) y estos fueron significativamente superiores. Fenazaquin resultó extremadamente tóxico para los enemigos naturales.

En la investigación de El Sherif et al. (2024) demostró que el biopesticida *M. anisopliae* capaz de reducir los estadios de ácaros en un alto porcentaje después de un día de tratamiento (71.81, 72.02 y 69.87) para huevos, inmaduros y adultos, respectivamente y los inhibidores de la síntesis de quitina hexitiazox y Etoxazole fueron potentes contra *T. urticae*; además, mostraron potencial para el manejo de la resistencia a los pesticidas cuando se rotaron. Por otro lado, se destaca el efecto reductor del biopesticida de *M. anisopliae* en la fecundidad femenina en comparación con otros acaricidas (35,3 huevos/hembra), así como de la disminución de la aplicación repetitiva de pesticidas porque siguen siendo efectivos durante siete días después de la aplicación.

### **2.5.2. A nivel nacional**

El estudio de Escobedo (2016) consistió en realizar el control de las poblaciones de *Oligonychus punicae* Hirst por medio de los productos químicos comerciales Etoxazole, fenpyroximate y milbemectin sobre palto variedad Hass. Se

realizó el lavado previo a alta presión con agua, luego se aplicaron los productos químicos. Posteriormente se determinó la eficiencia de control monitoreándose las ninfas y adultos a 1, 2, 3, 5, 7, 14, 21, 28 y 35 días después de la aplicación (dda). La mayor eficiencia de control se logró en poblaciones de ninfas al 97 % para milbemectin un 1 dda, pero una eficacia similar se observó con milbemectin y fenpyroximate a los 7 dda, el etoxazole demostró mayor eficiencia desde 14 hasta los 35 dda. En adultos, fenpyroximate comprobaron su eficacia 84 % a 1 dda, pero etoxazole consiguieron eficacia entre 70 y 90 % a los 14 hasta 35 dda.

Herrera (2016) realizó el control de *Oligonychus punicae* del palto con cuatro acaricidas: Etoxazole, Fenprothrin, Cyhexatin y Bifenazate en del Fundo Napo (Virú / La Libertad). Las aplicaciones de los acaricidas iniciaron cuando la infestación de *O. punicae* estuvo en el grado 3 (11-25 individuos), evaluándose el número de huevos, ninfas y adultos en cinco hojas de palto elegidas al azar. Como resultado del ensayo se tuvo que todos los acaricidas lograron controlar el ácaro *O. punicae* en infestaciones que exceden al grado 3. Se concluye que el Etoxazole fue el acaricida que más días de control ha demostrado (63 días), por lo que, logró reducir a cero en huevos, ninfas y adultos, siendo más efectivo sobre ninfas y adultos.

Llanos-Sánchez (2019) efectuó el manejo integrado de *Oligonychus punicae* en una plantación de palto var. Hass localizada en San José (Chao/La Libertad). En un total de 1 ha de terreno se aplicaron los métodos de control disponiendo para cada uno de ellos 0,25 ha: biorracional (aceite de canela 1,35 L/ha), químico (Fenazaquím 1,8 L/ha), cultural (lavado de hojas) y biológico. Se realizaron evaluaciones a 3, 7 y 15 días pasados la aplicación y se evaluaron: hojas infestadas, de huevos, ninfas y adultos. El método de control más efectivo fue el químico, logrando un 80 % de eficacia tanto en la disminución del porcentaje de hojas infestadas como en la reducción del grado de infestación de huevos, ninfas y adultos. Esto se tradujo en una disminución significativa del 37.5 % al 7.5 % en la primera evaluación.

La evaluación de Tamay y De La Cruz (2019) respecto al efecto de productos biológicos para el control de *Oligonychus punicae* sobre palto en la empresa Hoja Redonda (Chepén/Lambayeque). Se aplicaron los siguientes productos: extracto de ajos, *Sophora flavescens*, Matrine, extracto de neem, extracto de quillay, extracto de ají + ajos, extracto de canela y extracto *Chenopodium ambrosioides* y se evaluaron la eficacia

de ellos, al cabo de 1, 3, 6 y 10 días después de la 1ra aplicación y a los 1, 3, 6, 10, 13, 17, 20, 24 y 27 después de la 2da aplicación. Como resultado favorable en el control de individuos de *O. punicae*, el cuidado de la fauna benéfica, periodo de control, gasto de productos al año y la menor toxicidad en frutos, el tratamiento Matrine a una dosis de 200 ml / 200L alcanzó un 65 % de eficacia en control de *O. punicae*.

León-Castillo (2023) efectuó un ensayo bajo condiciones de campo de Virú (La Libertad) sobre la eficacia de Bifenazate a 100 cc/200 L (Grimper 500 SC), Etoxazole a 60 cc/200 L (Acarisil 110 SC), Hexythiazox a 100 g/200 L (Nissorun) y Etoxazole a 25 cc/200 L (Estaca) contra huevos, ninfas y adultos de *Oligonychus punicae* en árboles de palto. se efectuó una aplicación de los acaricidas y se evaluó hasta que existan como mínimo 5 arañitas por hoja. En base a las evaluaciones efectuadas, se demostró la eficacia de Etoxazole (Estaca), el cual reportó eficacias de control de 97,13 y 99,55 % en huevos, ninfas y adultos, cuyo poder residual se prolongó por 42 días para los mencionados estados de desarrollo del ácaro.

### 2.5.3. A nivel local

La investigación sobre el control de *Oligonychus sp.* con entomopatógenos sobre árboles de palto realizada por Parco (2019) en el CIFO de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Efectuó aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, *B. subtilis*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* a una dosis de 40 ml/20 L de agua para el caso de las bacterias y de 40 g/20L para los hongos. Estos tratamientos fueron evaluados desde los 7 hasta 119 días después de la pulverización (ddp). Los resultados muestran que los entomopatógenos de bacterias y hongos demostraron una respuesta inmediata a los 7 ddp, logrando superar el 93 % de eficacia, sin embargo, *M. anisopliae* pudo conseguir mayor eficacia entre el 96 y 99 % a los 7 y 14 ddp. A partir de los 42 ddp, los entomopatógenos tuvieron comportamientos parcialmente similares ya que mostraron eficacias superiores al 97 %, mientras que para la última evaluación (119 ddp), *M. anisopliae* y *B. thuringiensis* var. *kurstaki* alcanzaron el 99 % de eficacia, asimismo *B. subtilis* y *B. bassiana* lograron 97 y 98 % de eficacia respectivamente, en el control de *Oligonychus sp.*

Gonzáles-Pariona et al. (2020) evaluó la eficacia de caolín, *Bacillus subtilis* y *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, para controlar *Oligonychus yothersi* del palto.

Para ello se efectuó la investigación en 12 árboles de palto variedad Hass de 3 años de edad. Sobre ellos se aplicaron las dosis de 40 g/ 20 L agua para *B. subtilis* y *B. thuringiensis* var. *kurstaki* respectivamente, y 2,6 L/20 L de agua de caolín. Las evaluaciones comprendieron en contabilizar los ácaros de 10 hojas, determinar el grado de infestación y la eficacia durante 7, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 días posteriores a la pulverización. los resultados evidencian que *B. thuringiensis* var. *kurstaki* redujo la infestación al grado 2 en 60 ddp y al grado 1 en 105 ddp, lo que repercutió en alto nivel de eficacia de 92 % a los 15 ddp.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en el lote experimental de palto variedad Hass de siete años de edad del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) adscrita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, ubicada en la Facultad de Ciencias Agrarias. El CIFO se encuentra al margen izquierdo del río Huallaga en el casco urbano del distrito de Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco. Además, presenta las coordenadas UTM: 363098.55 m E, 8899688.73 m S y a 1932 msnm.



**Figura 2.** Imagen satelital del CIFO UNHEVAL.

Los datos climáticos del CIFO durante las evaluaciones de *O. punicae* en palto mostraron variaciones en la temperatura, precipitación y humedad relativa a lo largo del período de evaluación. En general, las temperaturas medias se mantuvieron en un rango de 20 a 24°C, con mínimas alrededor de 14 a 17°C y máximas entre 25 a 31°C. La precipitación varió desde días secos con 0 mm hasta días lluviosos con hasta 11.9 mm de precipitación. La humedad relativa osciló entre aproximadamente 63 a 74 %. Estas condiciones climáticas pueden influir en la actividad y proliferación del ácaro marrón en los árboles de palto, siendo necesario considerar su impacto en el control de esta plaga (Tabla 1).

**Tabla 1.** Datos climáticos del CIFO UNHEVAL durante las evaluaciones realizadas.

Evaluaciones	Fechas (2024)	Temperatura (C°)			Precipitación (mm/día)	Humedad relativa (%)
		Mínima	Media	Máxima		
Pre eval.	10-Ene	17,50	22,00	26,50	0,10	73,90
1ra	12-Ene	17,10	22,30	27,50	8,00	70,60
2da	19-Ene	16,50	20,95	25,40	1,10	71,80
3ra	26-Ene	17,10	23,15	29,20	4,50	64,80
4ta	02-Feb	14,70	21,20	27,70	0,00	63,80
5ta	09-Feb	17,30	22,80	28,30	0,01	66,00
6ta	16-Feb	17,50	24,40	31,30	0,00	63,20
7ma	23-Feb	16,40	22,20	28,00	11,90	68,90
8va	01-Mar	16,10	22,25	28,40	4,00	66,80

Por lo tanto, durante el estudio el clima en el CIFO UNHEVAL fue soleado con incidencias de precipitación de carácter ocasional, es decir, se evidenció condiciones ambientales cambiantes, este comportamiento climático puede generar diferenciación en la apertura floral y la polinización (Bernal y Díaz, 2005; Hurtado et al., 2018), dando la posibilidad de instalar una única variedad deseada, ya que, comúnmente el palto presenta dicogamia sincronizada en la floración con flores tipo A y B (Bernal y Díaz, 2005). Además, la escasa y ausencia de lluvias en el CIFO UNHEVAL puede producir lesiones corchosas en los sitios de abscisión del pedúnculo del fruto, frutos alargados (cv. Hass) y reducciones en la calidad interna del fruto (Carr, 2013).

La infestación de ácaro marrón *O. punicae* en el palto fue favorecida por los días calurosos y periodos secos del CIFO UNHEVAL, ya que según Lemus-Soriano, (2017) bajo estas condiciones el daño se acrecienta afectando no solo a las hojas sino, a los brotes, flores y hasta frutos, lo que puede disminuir con las lluvias. Situación que pudo influir en la 1ra. y 7ma. evaluación al registrar 8,00 y 11,90 mm de precipitación pluvial respectivamente.

### 3.2. Tipo y nivel de investigación

De tipo Aplicada, porque permitió aplicar los principios y teorías científicas para la solución de un problema que aqueja a los agricultores, se usó la tecnología generada de los acaricidas de última generación, con la finalidad de solucionar el problema de los productores de palto respecto al problema del ácaro y de esta manera tratar de contribuir con la producción del palto en la región Huánuco.

De nivel Experimental, porque se manipuló la variable independiente “acaricidas de última generación”, cuya respuesta se observó y midió en las variables dependientes, “control de *Oligonychus punicae*” y “entomofauna benéfica” mediante la evaluación de la densidad poblacional, grado de infestación, eficacia de control de ninfas y adultos, además de los individuos de familias de insectos benéficos. Así mismo se evaluó el impacto de los acaricidas sobre la población de la entomofauna benéfica, comparando con el testigo absoluto (sin acaricida).

### 3.3. Población, muestra y unidad de análisis

La población estuvo comprendida por 210 árboles de palto de características morfológicas y genéticas uniformes correspondientes a la variedad Hass. En cambio, la muestra por parcela constituyó de un árbol de palto, el cual fue marcado con plástico de diferentes colores, haciendo en total 20 árboles de palto en toda el área experimental. La elección del árbol muestra se basó en los principios del muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, debido a que cualquier árbol de palto tuvo una probabilidad similar de formar parte de la muestra. La unidad de análisis del ensayo comprendió al azar 10 hojas del árbol de palto, considerando 3 hojas del tercio inferior, 4 hojas del tercio medio y 3 hojas del tercio superior.

### 3.4. Descripción de los tratamientos en estudio

Los acaricidas fueron aplicados en dos oportunidades con un intervalo entre cada aplicación de 27 días. Para determinar el volumen de agua por árbol, se efectuó una prueba en blanco, que consistió en pulverizar agua cubriendo todo el árbol de palto con una mochila de 20 litros. la aplicación propiamente de los acaricidas se efectuó con el equipo de protección personal y los materiales necesarios.

**Matrine:** ingrediente activo de bajo impacto ambiental comercializado por la empresa Montana con el nombre de Greenex Ultra 5 CS. La dosis del producto comercial fue de 0,15 %.

***Metarhizium anisopliae*:** hongo entomopatógeno patentado por la empresa PBA (Productos Biológicos para la Agricultura) y comercializado con el nombre de Metarizo WP cuya concentración reporta de  $> 1.5 \times 10^{10}$  conidios/g. La dosis del producto utilizado fue de 0,15 %.

**Extracto de ajo + pimienta:** Acaricida agrícola – Extracto vegetal, ingrediente activo del producto Mitekill categorizado como acaricida biológico, comercializado por la empresa Serfi, cuya concentración es: extracto de ajo a 1,3g/l. más extracto de pimienta 0,3 g/l., es un concentrado emulsionable que se utilizó a una dosis de 0,3 %.

**Etoxazole:** acaricida no sistémico, ingrediente activo del producto Acarisil 110 SC categorizado como ligeramente peligroso, comercializado por la empresa Silvestre, el cual muestra una concentración de 110 g/L. La dosis utilizada para el estudio fue de 0,05 %.

**Tabla 2.** Tratamientos de estudio de acaricidas

Tratamientos	Acaricidas	Dosis	Momento de aplicación
T <sub>1</sub>	Matrine 5 CS	0,15 %	1ra aplicación 11 enero del 2024 2da aplicación 08 febrero del 2024
T <sub>2</sub>	<i>M. anisopliae</i>	0,15 %	
T <sub>3</sub>	Extracto de ajo + pimienta	0,3 %	
T <sub>4</sub>	Etoxazole 110 SC	0,05 %	
T <sub>0</sub>	Testigo absoluto		

### 3.5. Prueba de hipótesis

Experimental en su forma de Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA); que estuvo constituido por 5 tratamientos, 4 repeticiones por tratamiento, haciendo un total 20 unidades experimentales. El análisis se ajustó al siguiente modelo aditivo lineal:

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

**Donde:**

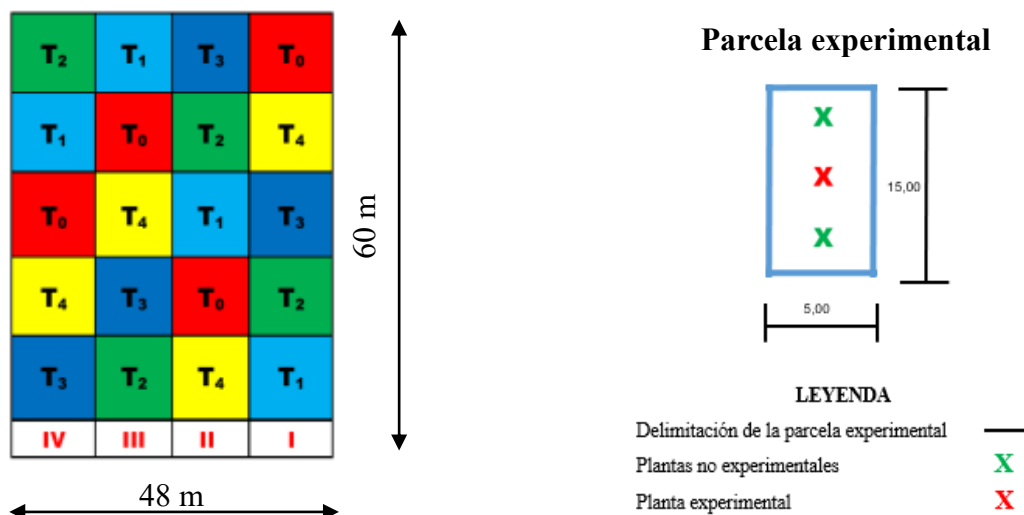
$Y_{ij}$  = observación o variable de respuesta  $i$  y está en el bloque  $j$ .

$U$  = Media poblacional

$T_i$  = Efecto de  $i$ -ésimo tratamientos ( $i = 1, 2, \dots, 4$  tratamientos)

$B_j$  = Efecto de  $j$ -ésimo bloque ( $j = 1, 2, \dots, 4$  bloques)

$E_{ij}$  = Error experimental.



**Figura 3.** Campo y parcela experimental del cultivo de palto.

### 3.6. Parámetros registrados

Para la estimación de los efectos de los tratamientos, se evaluaron los siguientes parámetros:

#### A. Densidad poblacional de *Oligonychus punicae*

Antes de la aplicación de los acaricidas, se seleccionó un solo árbol de palto por tratamiento y se dividió en tres secciones (inferior, media y superior). Se eligieron aleatoriamente 3 hojas del tercio inferior, 4 hojas del tercio medio y 3 hojas del tercio superior, las cuales fueron examinadas inmediatamente con una lupa de 40X para contar el número de ninfas y adultos de ácaros registrados en la cartilla de evaluación (Anexo 2). Después de la primera y segunda aplicación de los acaricidas, se evaluó la densidad poblacional de ácaros a 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días.

#### B. Grado de infestación de *Oligonychus punicae*

El grado de infestación poblacional de ácaros se determinó de acuerdo a la escala elaborada de Herrera (2016), el cual considera clasificar la infestación de ácaros en cinco grados según el número de adultos o ninfas presentes: El grado 1 corresponde a una infestación muy leve (1-5 ácaros), el grado 2 a una leve (6-10), el grado 3 a una moderada (11-25), el grado 4 a una infestación alta (26-50), y el grado 5 a una infestación muy alta o severa, con más de 50 ácaros

**Tabla 3.** Determinación de grados de infestación del ácaro.

<b>Grado</b>	<b>N° adultos o ninfas</b>
1: Muy leve	1 - 5
2: Leve	6 - 10
3: Moderada	11 - 25
4: Alta	26 - 50
5: Muy alta o Severa	Mas de 50

Por lo tanto, se determinó que el umbral de acción para justificar el uso de acaricidas en el control del ácaro *O. punicae* comenzaba a partir del Grado 3 de infestación (11-25 individuos entre ninfas y adultos), ya que a partir de este nivel se observó el bronceado en las hojas del palto.

### **C. Eficiencia de control**

Para los casos de control de ninfas y adultos del acaro, se calculó el porcentaje de mortalidad corregida o eficacia de acaricidas, utilizando la fórmula de Servicio Agrícola y Ganadero [SAG] (2022):

$$\% \text{ Corregida} = 1 \left( \frac{\text{N}^\circ \text{ en Co antes del tratamiento} * \text{N}^\circ \text{ en T después del tratamiento}}{\text{N}^\circ \text{ en Co después del tratamiento} * \text{N}^\circ \text{ en T antes del tratamiento}} \right) * 100$$

Donde: N = población de ácaros. T = tratados. Co = control.

### **D. Población de entomofauna benéfica.**

El conteo de la población de la entomofauna benéfica se efectuó juntamente con el conteo de ácaros. La identificación y conteo fue a nivel de familias: Reduviidae, Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae, Vespidae y Apidae, para ello se evaluó por 5 minutos en cada planta experimental.

### **3.7. Tabulación y análisis de datos**

Los datos de la cartilla de evaluación (ANEXO: Tabla 18, 19, 20, 21 y 22) fueron procesados en el programa de computación de Excel e InfoStat versión 2013, desarrollando las siguientes pruebas estadísticas:

- Análisis de varianza (ANVA) o prueba de F: se efectuó para los indicadores densidad poblacional, eficacia de control y

entomofauna benéfica al nivel de significación de 5 % entre tratamientos y bloques.

- Prueba de Friedman: se efectuó para el grado de infestación de los ácaros al nivel de significación del 0,05 de error.
- Contrastes ortogonales: se efectuaron para los indicadores densidad poblacional, eficacia de control y entomofauna benéfica al nivel de significación de 0,05 de error.
- Pruebas de comparaciones: se realizó la prueba de LSD de Fischer al nivel de 0,05 de error para comparar las medias de los indicadores densidad poblacional, eficacia de control y entomofauna benéfica, en cambio para el grado de infestación se efectuó la prueba de comparación de mediantes de Ranks al nivel de 0,05 de error.

**Tabla 4.** Estructura del análisis de varianza según el DBCA

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad (gl)</b>	<b>Cuadrados medios esperados</b>
Bloques	$(r-1) = 3$	$\alpha^2 e + t \alpha^2 r$
Tratamientos	$(t-1) = 4$	$\alpha^2 e + r \alpha^2 t$
Error experimental	$(r-1) (t-1) = 12$	$\alpha^2 e$
<b>Total</b>	<b><math>(tr-1) = 19</math></b>	

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Reducción de la densidad poblacional de *Oligonychus punicae* Hirts.

#### 4.1.1. Densidad poblacional de estadios ninfales

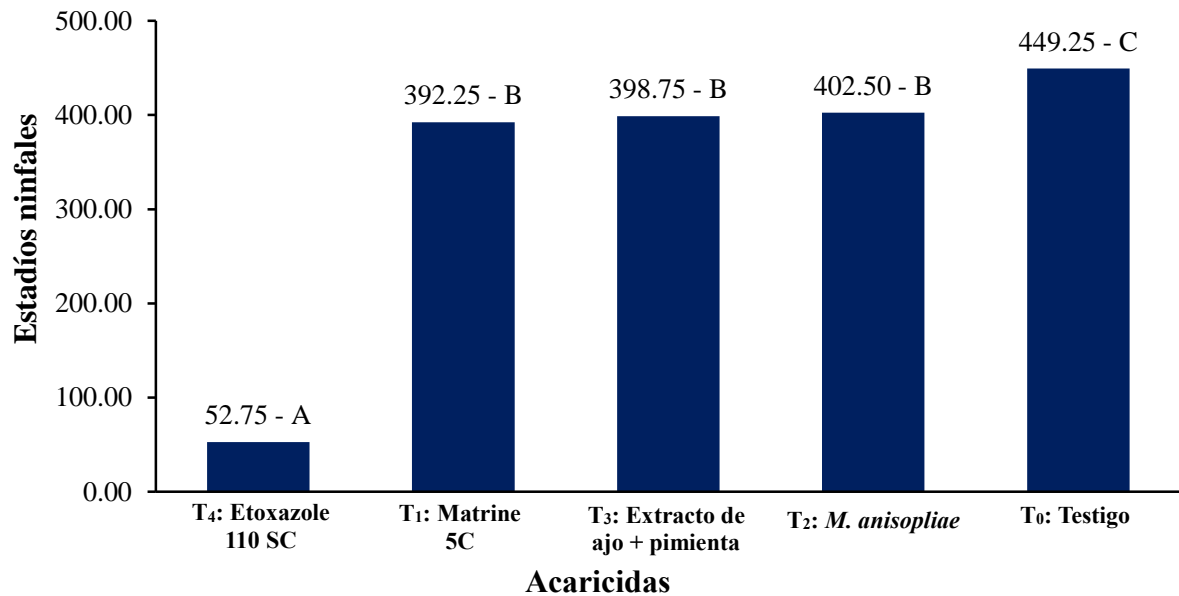
En el ANVA resumido al 0,05 de probabilidad de error, identifica que el p valor mostró no significativo para bloques y diferencias significativas para tratamientos. Este análisis estadístico garantiza por medio de los coeficientes de variabilidad (CV), a que los datos obtenidos en las evaluaciones fueron consistentes y confiables, además se observa menor dispersión de los datos en la 2da., 4ta., 5ta., 6ta., y 7ma., evaluación (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resumen del ANVA para densidad poblacional de estadios ninfales de *O. punicae* sobre palto durante ocho evaluaciones.

Evaluación	Bloques			Tratamientos			CV	Media
	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor		
1	88,73	1,70	0,2196	104531,95	2004,45	<0,0001	2,13	339,10
2	7,25	0,57	0,6462	83773,55	6570,47	<0,0001	1,90	188,05
3	70,53	0,88	0,4788	72052,63	898,88	<0,0001	4,52	198,00
4	30,18	1,58	0,2448	64093,93	3363,04	<0,0001	1,58	277,05
5	13,65	0,68	0,5785	101792,58	5104,52	<0,0001	1,46	305,15
6	17,25	2,19	0,1420	91922,58	11672,71	<0,0001	1,54	182,35
7	4,47	0,89	0,4733	78162,08	15606,4	<0,0001	1,17	191,90
8	134,18	1,90	0,1841	72184,7	1020,04	<0,0001	3,07	274,35

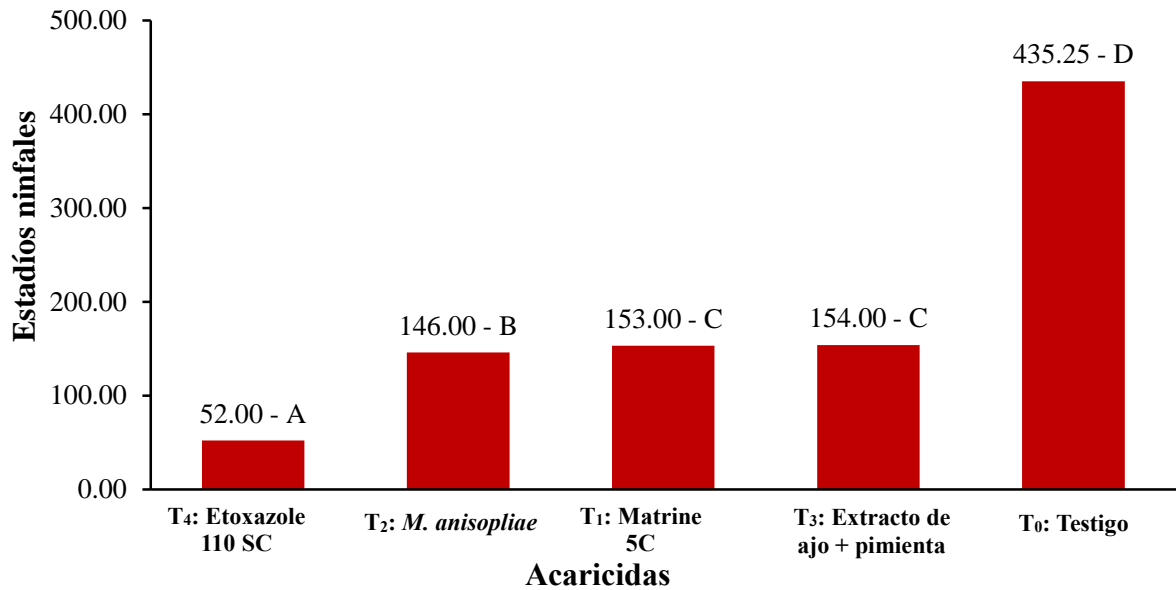
CIFO (2024).

En las Figuras del 4 al 11, se observan los promedios agrupados estadísticamente por la prueba de LSD de Fischer para la variable. En la 1ra. evaluación el promedio del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) tuvo un efecto reductor estadísticamente de la densidad poblacional de ninfas al registrar un promedio de 52,75 ninfas, los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>3</sub> (extracto de ajos + pimienta) y T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) demostraron un mismo efecto reductor con promedios de 392,25; 398,75 y 402,50 ninfas respectivamente, siendo estos diferentes al tratamiento T<sub>0</sub> (testigo) quien obtuvo mayor número de ninfas con 449,25 (Figura 4). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Escobedo (2016), Herrera (2016), Singh (2022) León-Castillo (2023) quienes usaron Etoxazole y obtuvieron una respuesta inmediata en la población de ninfas. Resultado que demuestra el efecto del Etoxazole, debido a su capacidad para inhibir el proceso de muda durante el desarrollo de los ácaros y por tener efecto de contacto (Li et al., 2014; Singh, 2022).



**Figura 4.** Promedios agrupados de la 1ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus. punicae*.

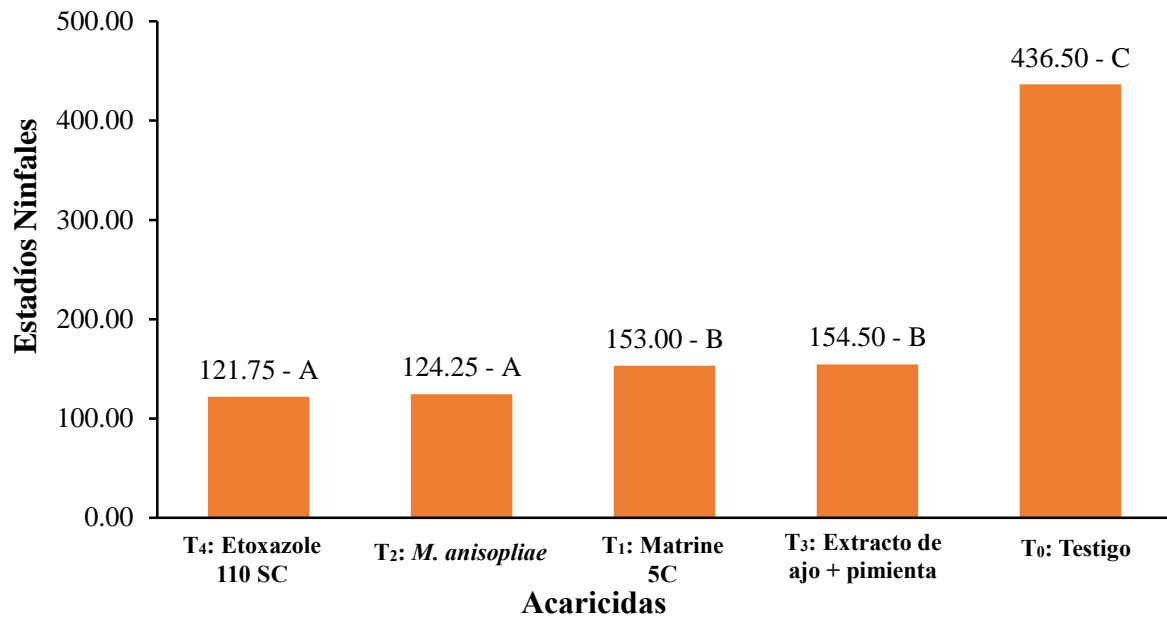
En la 2da. evaluación, el tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) tuvo un promedio estadísticamente diferentes respecto a los demás tratamientos al registrar un promedio de 52,00 ninfas. El tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) consiguió un promedio de 146 ninfas distinto a los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>3</sub> (extracto de ajos + pimienta) y T<sub>0</sub> (testigo). No obstante, los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> demostraron ser similares en sus promedios con diferencia al T<sub>0</sub> (Figura 5). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023) quienes al aplicar Etoxazole lograron reducir la población de ninfas, debido a que actúa por contacto e inhibe el proceso de muda (Li et al., 2014; Singh, 2022). Además, cabe destacar el efecto de *M. anisopliae* sobre ninfas de *O. punicae* que según el estudio de El Sherif et al. (2024) pudo demostrar potencial para reducir los individuos de los estadios ninfales del ácaro *Tetranychus urticae*.



**Figura 5.** Promedios agrupados de la 2da., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la 3ra. evaluación, los tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) y T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) obtuvieron promedios estadísticamente similares y diferentes respecto a los demás tratamientos al registrar 121,75 y 124,25 ninfas. Los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>3</sub> (extracto de ajos + pimienta) consiguieron promedios iguales y distintos al tratamiento T<sub>0</sub> (testigo), siendo este último donde evidenció mayor número de ninfas con 436,50. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Ortiz-Urquiza y Keyhani (2013), quienes evidenciaron que *M. anisopliae* pueden igualar el efecto respecto a otros acaricidas al ofrecer una infección eficaz en varias etapas del ciclo de vida del ácaro, aprovechando sus mecanismos de penetración y colonización.

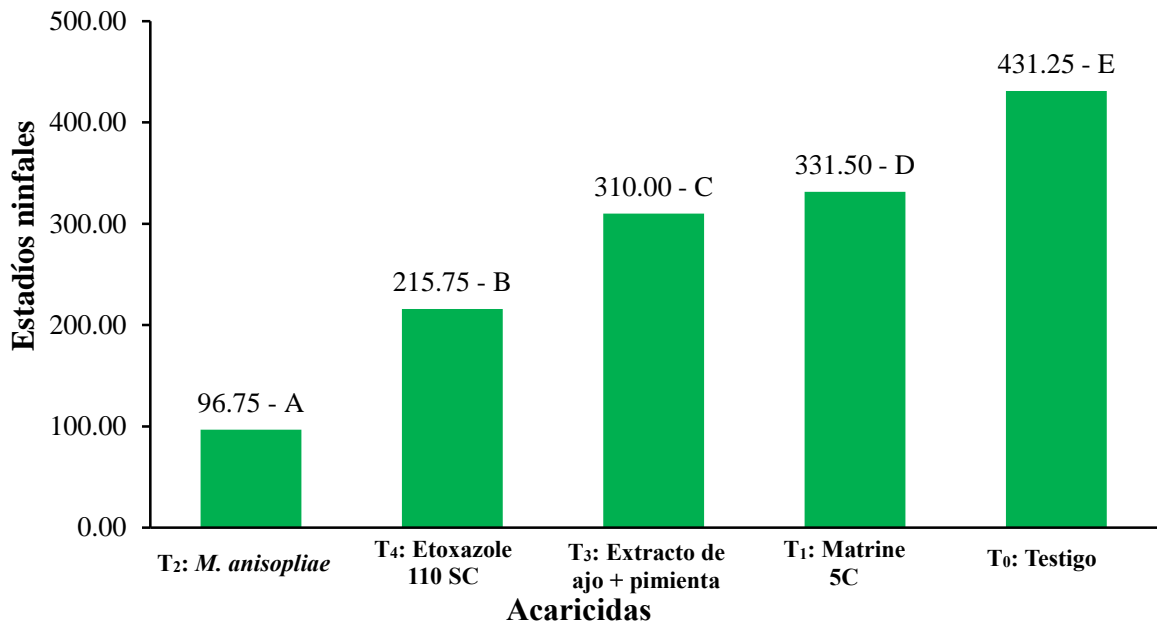
Por otro lado, se destaca la acción de Matrine y el extracto de ajos + pimienta, quienes logran también la reducción de la población de ninfas de manera similar, el cual puede derivar por el mismo modo de acción que poseen ambos acaricidas, inhiben la actividad de la enzima AChE por efecto del alcaloide matrine (Min et al., 2020) y de la piperidina presente en la pimienta negra (Sun et al., 2024)



**Figura 6.** Promedios agrupados de la 3ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadíos ninfales de *Oligonychus punicae*.

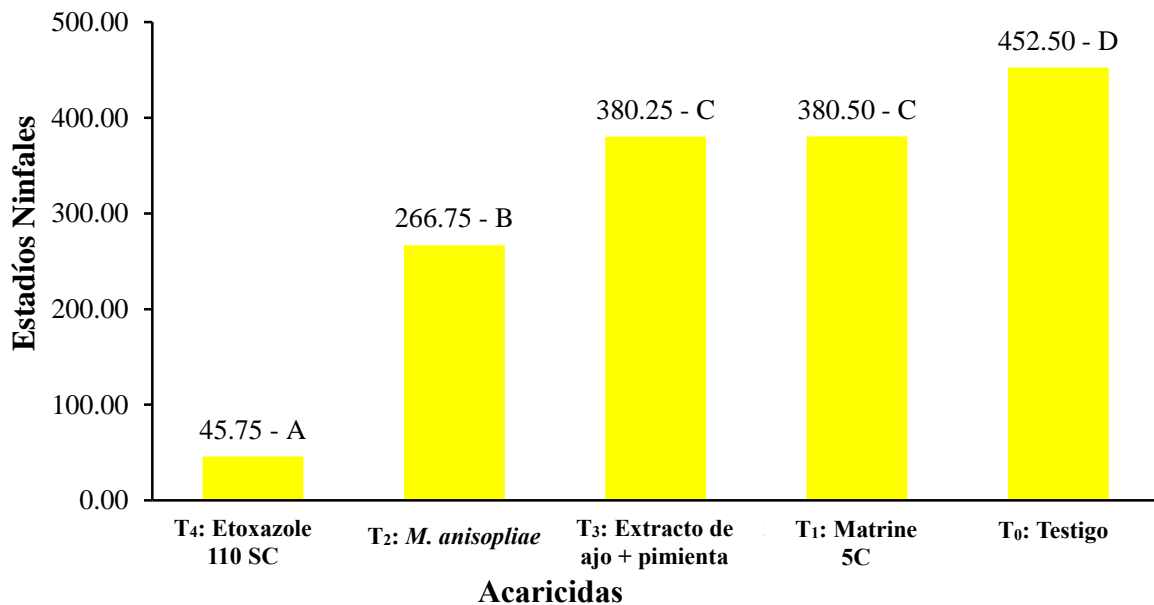
En la 4ta. evaluación el T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) logró un promedio de 96,75 ninfas, el cual fue distinto a los tratamientos. Asimismo, el efecto de los tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC), T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) y T<sub>1</sub> (Matrine) fueron diferentes en sus promedios respecto al T<sub>0</sub> (testigo). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Dogan et al. (2017) y El Sherif et al. (2024) quienes demostraron el efecto de *M. anisopliae* sobre ninfas de *Tetranychus urticae*, el cual puede justificarse en base a lo mencionado por Bugeme et al. (2014) quien atribuye el efecto del *M. anisopliae* es debido a la interacción entre el tegumento de los artrópodos al ser penetrado por el hongo y la muda.

Por otro lado, el tratamiento T<sub>4</sub>, basado en un acaricida químico, mostró mejor rendimiento que los extractos naturales, posiblemente debido a su acción directa sobre los ácaros. Sin embargo, el efecto algo inferior del T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub> podría deberse a la variabilidad en la concentración y efectividad de los compuestos naturales (ajo + pimienta, matrine), o a la limitada penetración y persistencia de estos tratamientos en la planta. Estas diferencias en los resultados pueden explicarse por la distinta naturaleza y modo de acción de los productos, así como por la susceptibilidad variable del ácaro a cada tratamiento.



**Figura 7.** Promedios agrupados de la 4ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus punicae*.

La Figura 8, presenta los resultados de la quinta evaluación de tratamientos para reducir la densidad ninfal de *Oligonychus punicae*. El tratamiento con Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) resultó ser el más efectivo, reduciendo la densidad a solo 45,75 ninfas. Esto concuerda con el mecanismo de acción del Etoxazole, que actúa como un regulador del crecimiento de los ácaros al inhibir la muda en las etapas inmaduras, similar a otras benzoilfenilureas (Dekeyser, 2005; Nauen & Smagghe, 2006). El tratamiento con *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) también demostró efecto destacable, con 266,75 ninfas, aprovechando su capacidad para infectar y colonizar a los ácaros a través de una combinación de enzimas hidrolíticas y proteínas específicas (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013). En contraste, los tratamientos con Extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) obtuvieron resultados similares, con 380,25 y 380,50 ninfas, respectivamente. El extracto de ajo, conocido por su acción sistémica y contacto que induce la mortalidad al alterar el sistema alimentario de los ácaros (Tejeda et al., 2016; Habashy, 2018), y el Matrine, que tiene propiedades acaricidas limitadas pero efectivas en combinación con otros compuestos (Sun et al., 2022; Min et al., 2020), fueron menos efectivos que Etoxazole, pero aún superaron al testigo sin tratamiento (T<sub>0</sub>), que presentó la mayor densidad de ninfas con 452.50. Esto subraya la notable eficacia de Etoxazole en comparación con otros tratamientos en la reducción de la densidad ninfal de *Oligonychus punicae*.



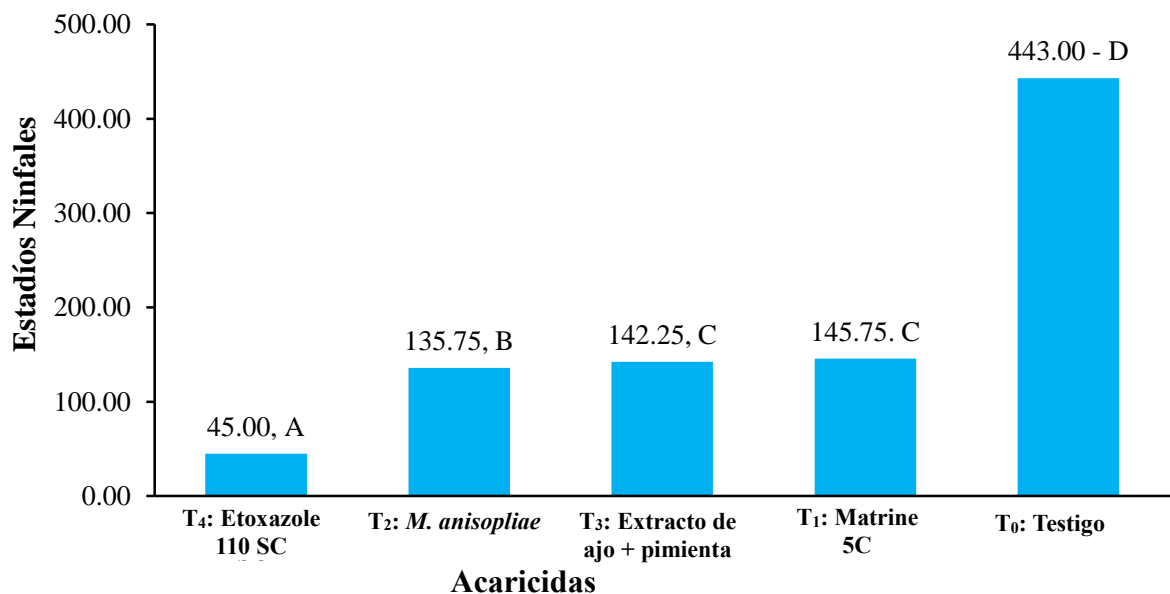
**Figura 8.** Promedios agrupados de la 5ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus punicae*.

La Figura 9, muestra los resultados de la prueba de LSD Fischer para la sexta evaluación de tratamientos destinados a reducir la densidad ninfal de *O. punicae*. El tratamiento con Etoxazole 110 SC (T4) demostró una reducción significativa en la población de ninfas, alcanzando un promedio de solo 45 ninfas, lo cual lo distingue estadísticamente como el tratamiento más efectivo. El tratamiento con *M. anisopliae* (T2) también resultó eficaz, mostrando una reducción notable en la densidad ninfal, aunque no superó a Etoxazole y fue estadísticamente diferente de los tratamientos con Extracto de ajo + pimienta (T3) y Matrine 5C (T1). Estos últimos, a pesar de ser efectivos, presentaron resultados similares entre sí, pero significativos en comparación con el testigo sin tratamiento (T0), que tuvo la mayor densidad ninfal.

El Etoxazole, al actuar como un disruptor del crecimiento de los ácaros mediante la inhibición de la biosíntesis de quitina, afecta las etapas inmaduras de los ácaros, lo que explica su notable desempeño (Dekeyser, 2005; Murillo-López, 2010). El tratamiento con *Metarhizium anisopliae* (T2) también mostró una reducción efectiva en la población de ninfas, aunque en menor medida comparado con Etoxazole. *Metarhizium anisopliae* es un hongo entomopatógeno que infecta a los ácaros a través de la adhesión de conidios a la cutícula y su penetración posterior, lo que lleva a la muerte del huésped (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013).

Su eficacia, aunque significativa, es inferior a la de Etoxazole debido a las limitaciones en la penetración y la rapidez del efecto en comparación con los efectos más inmediatos del Etoxazole.

Los tratamientos con Extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) mostraron resultados similares entre sí, pero menos efectivos que los anteriores. El Extracto de ajo, conocido por sus propiedades insecticidas debido a compuestos como la alicina, actúa principalmente por contacto y tiene efectos repelentes y alimenticios sobre los ácaros (Tejeda et al., 2016; Habashy, 2018). Aunque su eficacia es reconocida, la velocidad de acción y la durabilidad pueden no ser tan efectivas como las de los compuestos sintéticos. Por otro lado, el alcaloide Matrine, extraído de plantas tradicionales y modificado para su uso como plaguicida, muestra una eficacia variable, influenciada por la estructura química del compuesto y su capacidad para afectar al sistema nervioso y el metabolismo de los ácaros (Sun et al., 2022; Zanardi et al., 2015).

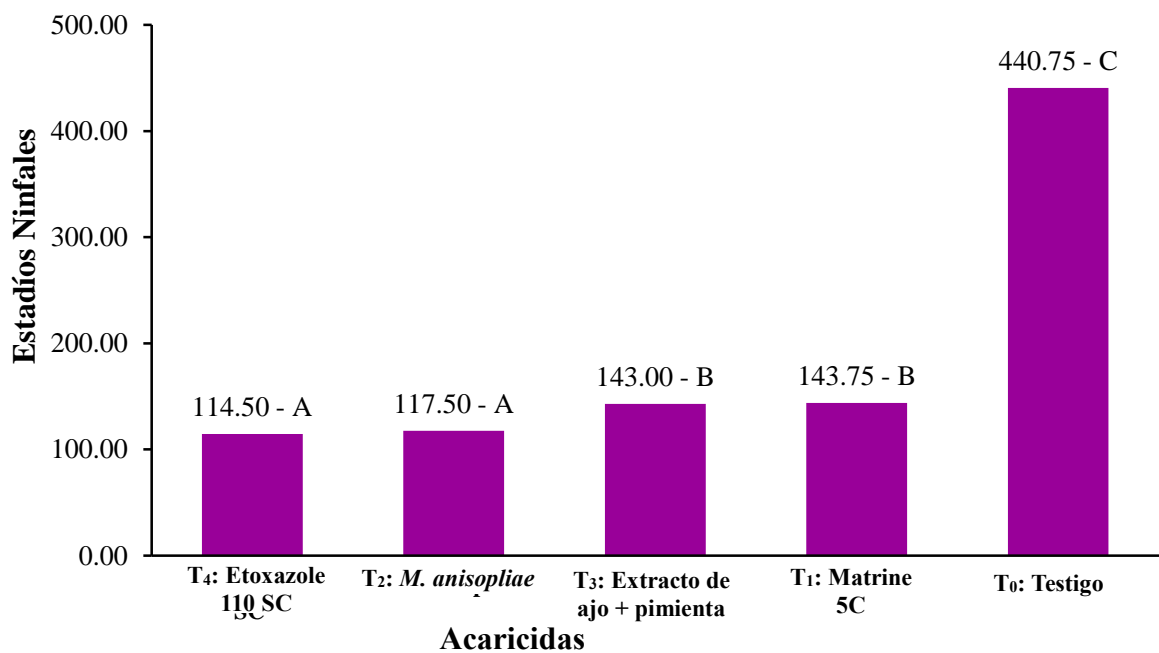


**Figura 9.** Promedios agrupados de la 6ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la séptima evaluación de tratamientos para controlar la densidad ninfal de *O. punicae*, los tratamientos con Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) y *Metarhizium anisopliae* (T<sub>2</sub>) mostraron un efecto comparable, con promedios de 114,50 y 117,25 ninfas, respectivamente, que fueron estadísticamente diferentes de los demás tratamientos. Los tratamientos con Extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) obtuvieron promedios similares entre sí, pero

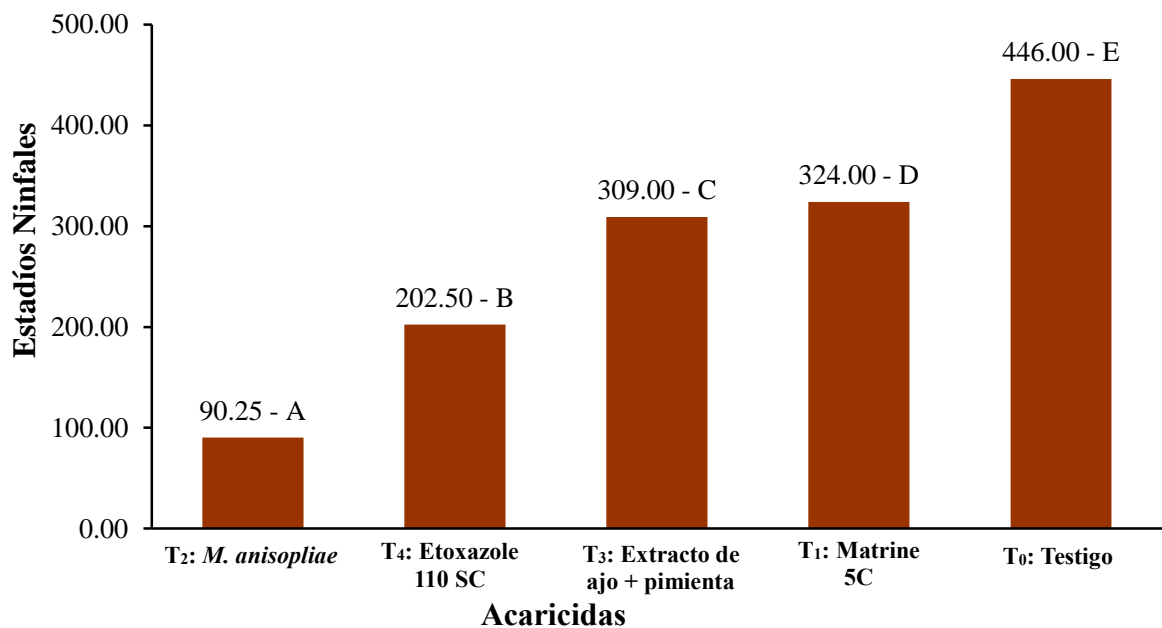
significativamente distintos del testigo ( $T_0$ ), el cual presentó la mayor densidad con 440,75 ninfas. Esto subraya la efectividad superior de Etoxazole y *M. anisopliae* en comparación con los otros tratamientos y el testigo.

El efecto del Etoxazole 110 SC ( $T_4$ ) y *Metarhizium anisopliae* ( $T_2$ ) puede explicarse por sus mecanismos de acción específicos. Etoxazole, un regulador del crecimiento, interfiere con la biosíntesis de quitina en ácaros inmaduros, bloqueando el proceso de muda y reduciendo la población de ninfas (Dekeyser, 2005; Murillo-López, 2010). Su alta efectividad se refleja en el bajo número de ninfas registrado en este tratamiento. Por su parte, *M. anisopliae* actúa infectando a los ácaros a través de la adhesión de sus esporas y la posterior colonización interna, lo que lleva a la muerte de los ácaros afectados (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013). Aunque el impacto de *M. anisopliae* es gradual, también resulta efectivo en la reducción de ninfas. En contraste, el Extracto de ajo + pimienta ( $T_3$ ) y el Matrine 5C ( $T_1$ ) presentan una eficacia menor. El ajo, conocido por su acción repelente y tóxica, actúa principalmente por contacto, lo que limita su eficacia en la reducción de la población ninfal comparado con los métodos más agresivos (Tejeda et al., 2016). El Matrine, aunque eficaz contra diversas plagas, tiene un impacto más limitado en el control de ácaros debido a su efecto menos potente en el sistema nervioso y en la regulación del crecimiento (Sun et al., 2022; Zanardi et al., 2015).



**Figura 10.** Promedios agrupados de la 7ma., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus punicae*.

La Figura 11, se representa los resultados de la prueba de prueba de LSD Fischer para densidad poblacional de estadios ninfales de *O. punicae* que demuestra el efecto controlador de los acaricidas usados, porque se obtienen promedios distintos al testigo (T0). El efecto del *M. anisopliae* (T2) fue destacable sobre los acariciadas de origen sintético biológico, porque en comparación con ellos redujo a 90.25 ninfas. Este hongo entomopatógeno actúa adhiriéndose a la cutícula del ácaro y penetrando en su cuerpo, donde produce enzimas y toxinas que llevan a la muerte del huésped (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013). Esta infección biológica resulta en una reducción significativa de la población de ninfas, como se refleja en el promedio bajo obtenido en la evaluación. La superioridad de *M. anisopliae* destaca la efectividad de los métodos biológicos en el manejo integrado de plagas, ofreciendo una alternativa eficiente y potencialmente más sostenible en comparación con los enfoques químicos.



**Figura 11.** Promedios agrupados de la 8va., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *Oligonychus punicae*.

Otro aspecto importante, es referido a la densidad poblacional de ninfas y adultos de *O. punicae*, donde se observa mayor actividad de los acaricidas y grado de infestación en temperatura máxima, por lo que se debe a que existe mayor incidencia de ácaros cuando las temperaturas se incrementan, preferiblemente en los meses de noviembre a marzo (Gutiérrez, 2012). Además, tanto las ninfas y adultos de *O. punicae* expresan relación con las variables climáticas precipitación y humedad, en lo que estos ácaros son sensibles a la presencia

de lluvias, reduciendo su población (Lemus-Soriano, 2017). No obstante, la ciudad de Huánuco al posicionarse a 1920 msnm de altitud, se convierte en una zona de mucha preferencia para el ataque al cultivo de palto, ya que tienden a establecerse más en parcelas de palto cuya altitud supere los 1200 msnm (Deza-Deza y Pinna-Cabrejos, 2023).

En la Tabla 6, se revela diferencias significativas entre las evaluaciones en todas las comparaciones realizadas. En los cuatro contrastes se observa significativas diferencias en la densidad poblacional de ninfas en todas las evaluaciones. En el C<sub>1</sub> (T<sub>0</sub> vs T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>) la densidad poblacional del T<sub>0</sub> fue distinto estadísticamente a la densidad de los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. En el C<sub>2</sub> (T<sub>1</sub> vs T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>) la densidad de ninfas del T<sub>1</sub> fue significativamente diferente a la densidad obtenida por la aplicación de los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. Para el C<sub>3</sub> (T<sub>2</sub> vs T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>) la densidad de ninfas del T<sub>2</sub> demostró distinción significativa de la densidad de los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. En el C<sub>4</sub> (T<sub>3</sub> vs T<sub>4</sub>) la densidad de ninfas del T<sub>3</sub> fue diferente significativamente a la densidad del tratamiento T<sub>4</sub>.

**Tabla 6.** ANVA de contrastes ortogonales de la densidad poblacional de ninfas de *O. punicae*

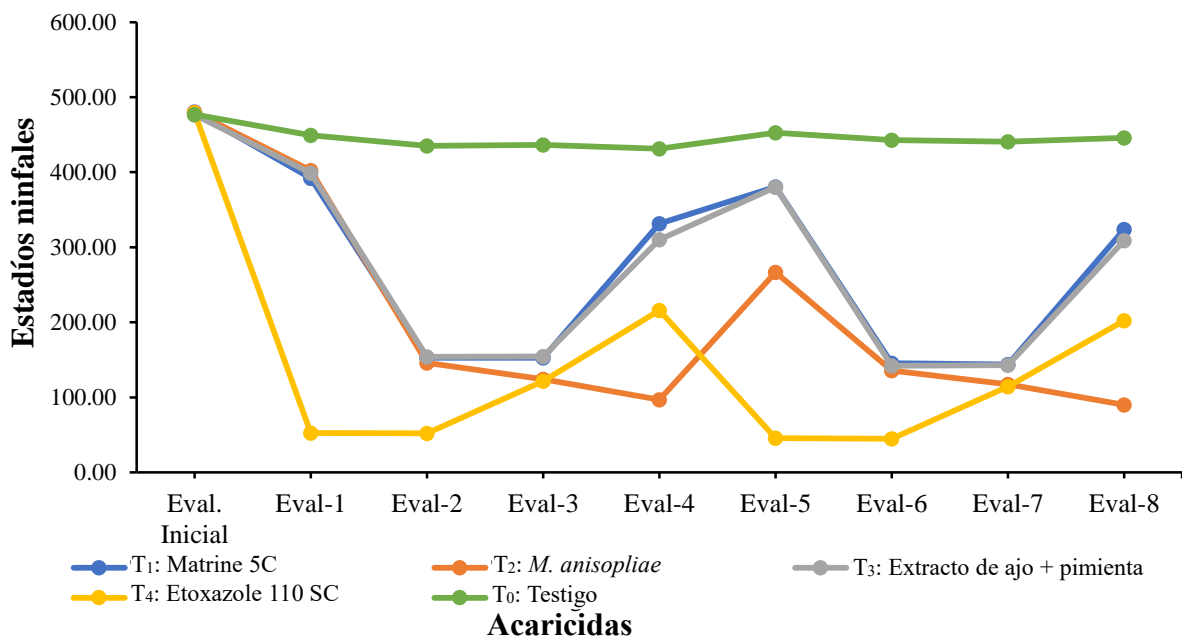
Evaluación	Fuentes	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
		T <sub>0</sub> vsT <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> vsT <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub> vsT <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub> vsT <sub>4</sub>
1ra	CM	60665,11	34722,52	83308,17	239432,0
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2da	CM	305539,2	3816,33	4930,67	20808,0
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
3ra	CM	284411,25	1140,75	513,38	2145,13
	P-valor	<0,0001	0,0027	0,0264	0,0002
4ta	CM	118888,2	46128	73593,38	17766,13
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5ta	CM	108560,11	67125,52	7704,17	223780,5
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6ta	CM	339692,11	4351,02	4732,04	18915,13
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
7ma	CM	309631,61	1054,69	337,5	1624,5
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
8va	CM	147318,61	45695,0	73040,67	22684,5
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Por lo anterior, se evidencia que los acaricidas aplicados tuvieron un impacto significativo en la densidad poblacional de ninfas en las diferentes evaluaciones. En tal sentido, es concordante con los estudios donde se observa los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer, en el cual se evidencia que los acaricidas utilizados

tuvieron efecto significativo a diferencia del testigo, comportamiento que coincide con las investigaciones de Escobedo (2016), Lemus y Pérez (2016), Llanos-Sánchez (2019), Tamay y De La Cruz (2019), Álvarez (2020), Singh (2022) y León-Castillo (2023), en los cuales emplearon acaricidas químicos y demostraron la reducción de la población de ácaros.

En la Figura 12, se identifica patrones en el tratamiento T<sub>4</sub>, cuyo efecto se produce en la 1ra., evaluación hasta la 3ra., evaluación, pero la densidad poblacional se incrementa en la 4ta., evaluación, lo que similarmente se evidencia en las evaluaciones posteriores. El efecto destacable del tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) se observa en la 4ta., y 8va., evaluación donde se observa los picos más altos de ácaros vivos del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole). Los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) poseen características de control similares en los ocho evaluaciones realizadas. El tratamiento testigo T<sub>0</sub> distingue una tendencia estacionaria durante los momentos evaluados.

El comportamiento descrito mantiene concordancia con los resultados de Parco (2019) quien determinó que las aplicaciones de *M. anisopliae*, al transcurrir el tiempo, el control ejercido por los entomopatógenos hacia el acaro marrón fue significativo. Asimismo, en las evaluaciones de Gonzáles-Pariona et al. (2020) reporta disminución de las poblaciones de acaro *Oligonychus yothersi* sobre palto hasta los 105 días después de la pulverización de *B. thuringiensis* var. *kurstaki*.



**Figura 12.** Fluctuación de la densidad poblacional de los estadios ninfales de *O. punicae* por efecto de los acaricidas de última generación.

#### 4.1.2. Densidad poblacional de los adultos

En el ANVA resumido ( $p=0,05$ ), se encontró que el p-valor no fue significativo para los bloques, pero sí entre tratamientos, lo que indica diferencias significativas entre ellos. Los coeficientes de variabilidad (CV), muestran que los datos obtenidos fueron consistentes y confiables. Además, se observa similar dispersión de los datos en las evaluaciones efectuadas, cuyas observaciones están próximas a la media (Tabla 7).

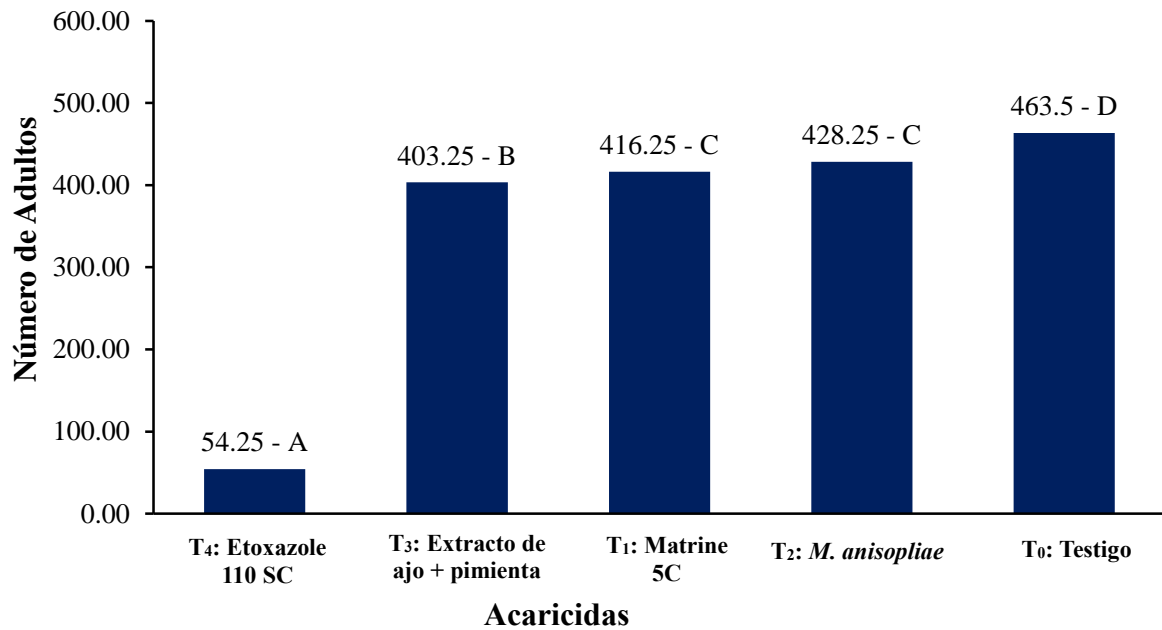
**Tabla 7.** Resumen del ANVA para densidad poblacional de adultos de *O. punicae* sobre palto durante ocho evaluaciones.

Evaluación	Bloques			Tratamientos			CV	Media
	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor		
1	13,53	0,21	0,8894	113649,95	1740,87	<0,0001	2,29	353,10
2	8,85	0,6	0,6266	90919,43	6174,49	<0,0001	2,01	191,05
3	6,27	0,94	0,4502	75139,68	11313,38	<0,0001	1,30	198,80
4	62,73	0,75	0,5421	68614,68	822,31	<0,0001	3,20	285,7
5	13,52	0,21	0,889	103695,55	1594,91	<0,0001	2,62	307,95
6	6,4	1,05	0,4042	91322,3	15053,13	<0,0001	1,35	182,2
7	4,67	0,22	0,8803	77582,7	3665,32	<0,0001	2,38	193,40
8	131,33	2,03	0,1639	72932,83	1125,65	<0,0001	2,88	279,6

CIFO (2024).

En la Figura 13, se observa los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la 1ra. evaluación de la densidad poblacional de adultos, en el cual se distingue el promedio del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) como superior estadísticamente con 54,25 adultos. Igualmente, el promedio del tratamiento T<sub>3</sub> (extracto de pimienta + ajo) fue diferente de los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>0</sub>. Sin embargo, los promedios de los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> tuvieron un efecto semejante que difiere del tratamiento T<sub>0</sub>.

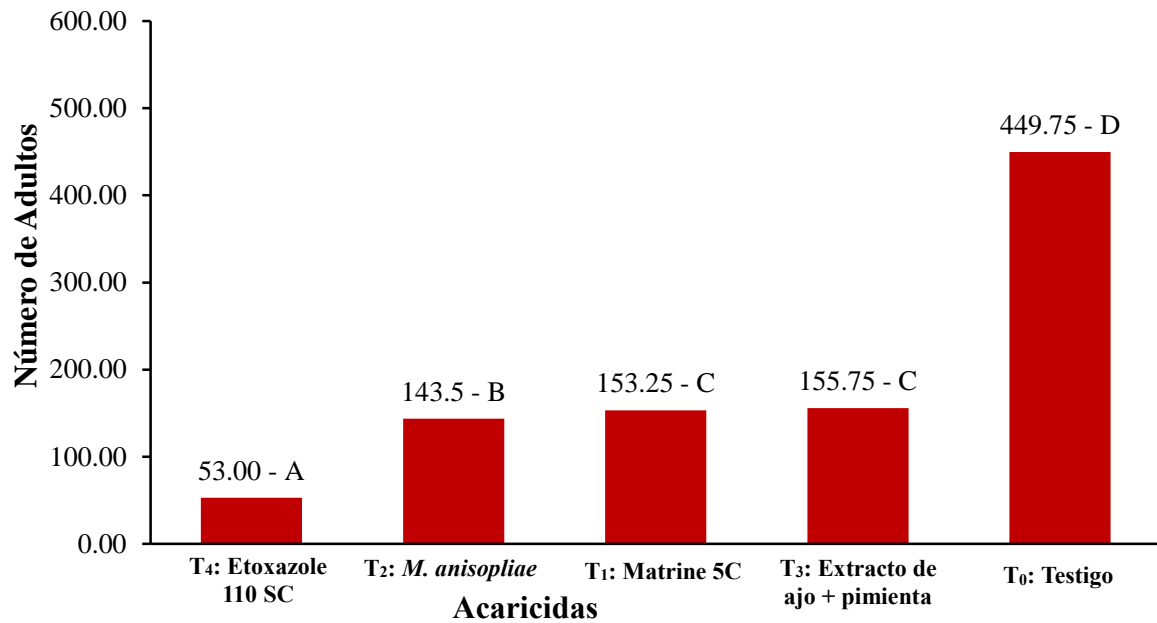
La superioridad del tratamiento con Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>), se alinea con lo reportado por Herrera (2016) y León-Castillo (2023), quienes también observaron que Etoxazole ofreció un control prolongado y efectivo sobre *O. punicae* en palto. Además, el tratamiento con extracto de pimienta + ajo (T<sub>3</sub>) mostró una eficacia intermedia, similar a los hallazgos de Tamay y De la Cruz (2019) sobre el uso de extractos naturales en el manejo de ácaros, aunque con menor eficacia que los acaricidas químicos. Sin embargo, los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, a pesar de mostrar algún nivel de control, no lograron diferenciarse significativamente del tratamiento control (T<sub>0</sub>), lo que coincide con lo observado por Gonzáles-Pariona et al. (2020) en el uso de tratamientos biológicos y caolín, donde la eficacia fue limitada en etapas tempranas de la evaluación.



**Figura 13.** Promedios agrupados de la 1ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 14, se muestran los promedios con agrupación estadística obtenidos mediante la prueba LSD Fischer en la 2da. evaluación de la densidad poblacional de adultos de *O. punicae*, donde el tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) se destacó con un promedio significativamente superior de 53 adultos. El promedio del tratamiento T<sub>3</sub> (extracto de pimienta + ajo) también mostró diferencias con los tratamientos T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>0</sub>. Sin embargo, los promedios de T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> tuvieron un efecto similar entre sí, pero diferente al tratamiento control (T<sub>0</sub>).

El tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) mostró una efectividad notable en la segunda evaluación de la densidad poblacional de *O. punicae*, respaldando lo encontrado por Herrera (2016) y León-Castillo (2023) sobre su capacidad de control prolongado. El tratamiento T<sub>3</sub> (extracto de pimienta + ajos) también fue eficaz, aunque de manera intermedia, coincidiendo con los resultados de Tamay y De La Cruz (2019) sobre el uso de extractos naturales. Sin embargo, los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) mostraron diferencias significativas respecto al control, similar a lo observado por González-Pariona et al. (2020) en estudios con tratamientos biológicos.



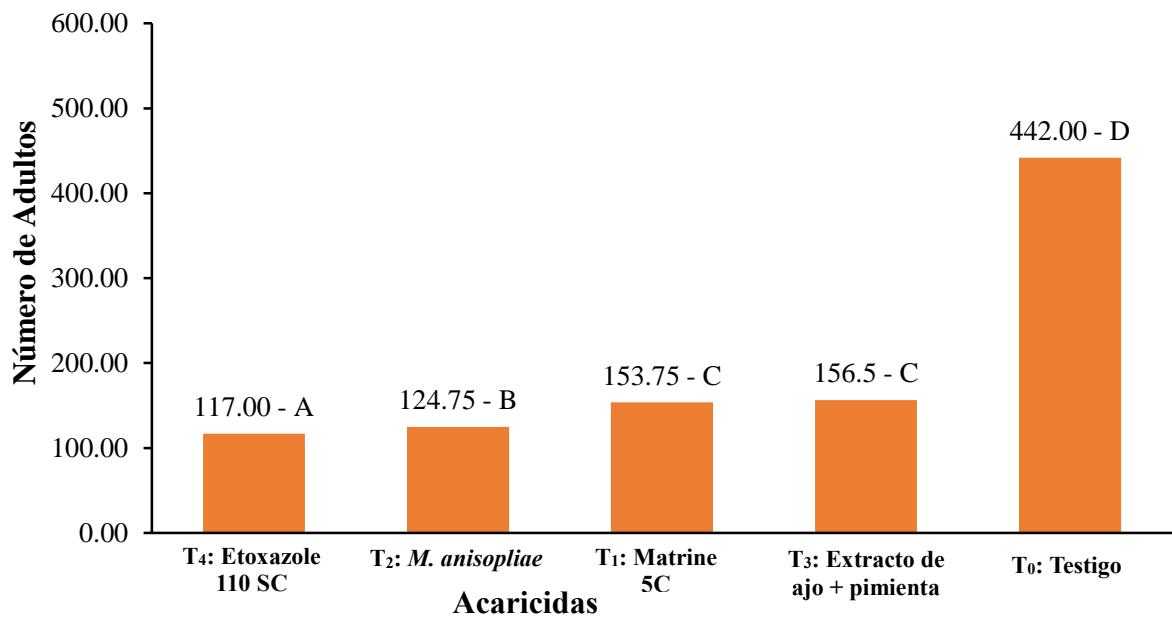
**Figura 14.** Promedios agrupados de la 2da., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

La Figura 15, muestra los promedios agrupados de densidad poblacional de adultos de *O. punicae* en la tercera evaluación, según la prueba de LSD Fischer. El tratamiento con Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) resultó en el menor número de adultos (117,00), seguido de *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) con 124,75. Los tratamientos con Matrine 5C (T<sub>1</sub>) y extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) tuvieron resultados similares, con 153,75 y 156,5 respectivamente. El testigo (T<sub>0</sub>) registró la mayor densidad poblacional con 442,00 adultos, mostrando diferencias significativas con todos los tratamientos.

Los resultados corroboran la alta efectividad del Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) en la reducción de la densidad poblacional de *Oligonychus punicae*, lo que concuerda con los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016), Singh (2022) y León-Castillo (2023), que destacaron la eficacia de este acaricida en el control de ácaros en diversos cultivos. Por otro lado, el efecto de *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) ha sido reportada por autores como Dogan et al (2017) Parco (2019) y González-Pariona et al. (2020), quienes encontraron que su uso reduce la población de *O. punicae*, que puede tener un resultado similar, a los productos químicos, tal como reporta El Sherif et al (2024).

El éxito del Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) puede explicarse por su mecanismo de acción, que interfiere en el ciclo de vida del ácaro marrón *O. punicae* afectando la viabilidad de

huevo y larvas, lo que resulta en una menor densidad de adultos (Peña y Wysoki, 2008). *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>), un hongo entomopatógeno, mostró efectividad al infectar y reducir la población de ácaros, aunque con menor impacto que los acaricidas químicos, lo que refleja su naturaleza de acción más lenta y dependiente de condiciones ambientales óptimas (Vásquez et al., 2008). La menor eficacia de los tratamientos con Matrine y extractos naturales sugiere una limitación en su capacidad para controlar altas densidades de plagas.

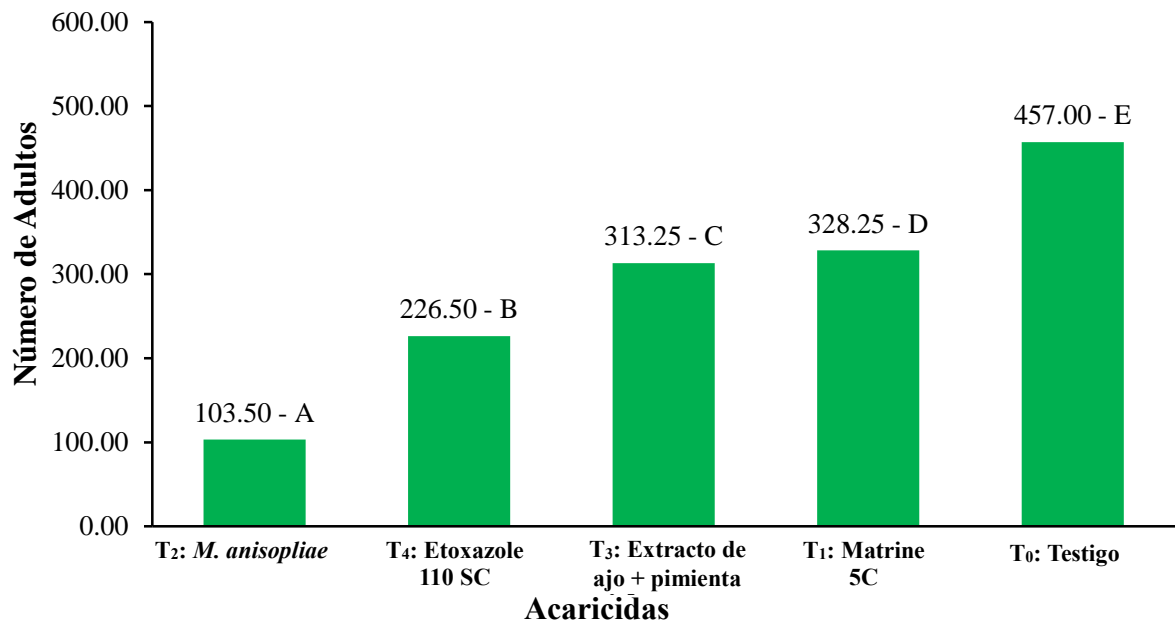


**Figura 15.** Promedios agrupados de la 3ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

La Figura 16, muestra los promedios agrupados de densidad poblacional de adultos de *O. punicae* en la cuarta evaluación, según la prueba de LSD Fischer. Los acaricidas demostraron efecto significativo de manera diferente entre sí, sin establecer grupos no significativos, de los cuales, el tratamiento Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) obtuvo mayor control de la densidad poblacional de adultos (103,50), siendo distinto a *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) con 226,50; Matrine 5C (T<sub>1</sub>) de 313,50 y extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) con 153,75. El testigo (T<sub>0</sub>) registró la menor control de la densidad poblacional al registrar la mayor cantidad de adultos de *O. punicae* en las hojas de palto (457,00).

Los resultados de la cuarta evaluación concuerdan con estudios previos que destacan la eficacia de Etoxazole 110 SC como un acaricida superior en el control de *O. punicae*. Según Dekeyser (2005) y Li et al. (2014) Etoxazole actúa como un inhibidor del

crecimiento de ácaros, lo que justifica su superioridad frente a otros tratamientos. Además, trabajos anteriores han demostrado que productos biológicos como *Metarhizium anisopliae* (Dogan et al., 2017; Parco, 2019) pueden ser efectivos, pero requieren condiciones óptimas de humedad y temperatura (Butt et al., 2016) para lograr un control significativo, lo cual puede explicar su menor rendimiento comparado con Etoxazole. Matrine y los extractos naturales de ajo y pimienta presentan propiedades repelentes y acaricidas, pero su efectividad es generalmente menor y requiere aplicaciones repetidas para mantener un control adecuado (Preisser et al., 2018; Min et al; 2020).

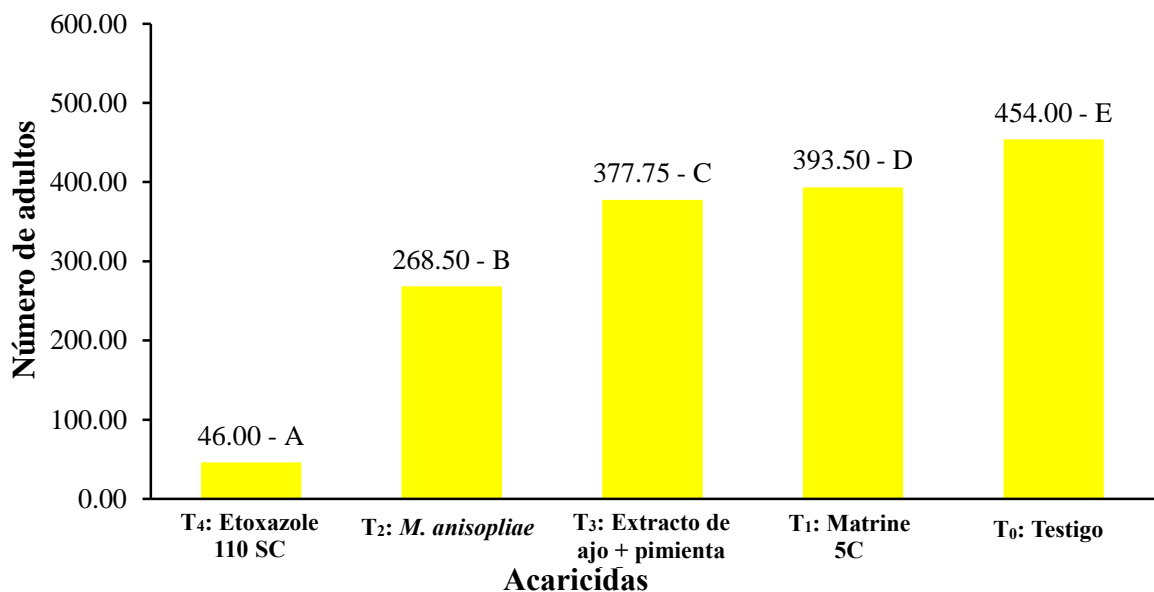


**Figura 16.** Promedios agrupados de la 4ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

La Figura 17, muestra los promedios agrupados de densidad poblacional de adultos de *O. punicae* en la quinta evaluación, según la prueba de LSD Fischer. Los acaricidas demostraron efecto significativo de manera diferente entre sí, sin establecer grupos no significativos, de los cuales, el tratamiento Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) obtuvo mayor control de la densidad poblacional con 46 números de adultos, siendo distinto a *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) con 268,50; Matrine 5C (T<sub>1</sub>) de 377,75 y extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) con 393,50. El testigo (T<sub>0</sub>) registró la menor control de la densidad poblacional al registrar la mayor cantidad de adultos de *O. punicae* en las hojas de palto (454).

Los resultados de la quinta evaluación confirmaron que Etoxazole 110 SC (T4) es el tratamiento más efectivo contra *Oligonychus punicae*, coincidiendo con los hallazgos de Lemus y Pérez (2016) sobre la eficacia de insecticidas como Spirodiclofen y Fenpyroximate, y con el reporte de Singh (2022) sobre la alta eficacia de Etoxazole en *Panonychus ulmi* y *Tetranychus urticae*. Estos estudios respaldan la superioridad de Etoxazole observada en el presente estudio.

En contraste, *Metarhizium anisopliae* (T2) mostró eficacia moderada, como indicaron Dogan et al. (2017) y El Sherif et al. (2024), quienes destacaron que la eficacia de los hongos entomopatógenos varía según condiciones ambientales y estado del ácaro. Este resultado concuerda con estudios previos que señalaron mejor desempeño en condiciones favorables (Escobedo, 2016; Parco, 2019). Los extractos naturales y Matrine también tuvieron menor eficacia, alineándose con Tamay (2019) sobre la eficacia moderada de estos productos comparado con los acaricidas sintéticos.



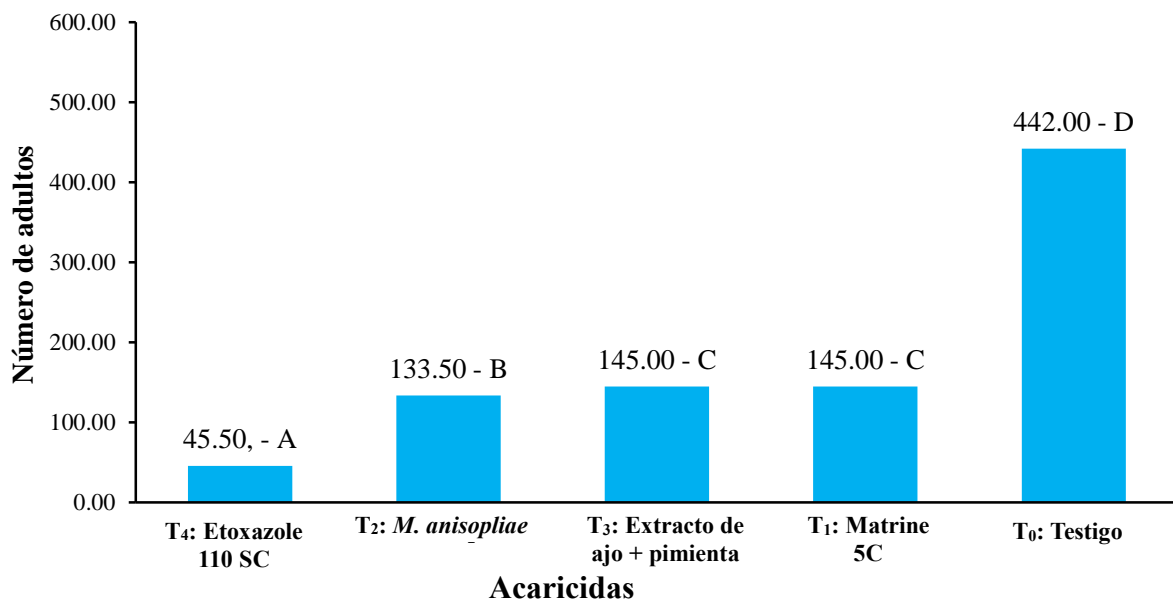
**Figura 17.** Promedios agrupados de la 5ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

La Figura 18, muestra los promedios agrupados de densidad poblacional de adultos de *O. punicae* en la sexta evaluación, según la prueba de LSD Fischer. El tratamiento con Etoxazole 110 SC (T4) resultó en el menor número de adultos (45,50), seguido de *M. anisopliae* (T2) con 133,50. Los tratamientos con Matrine 5C (T1) y extracto de ajo + pimienta

(T<sub>3</sub>) tuvieron resultados similares, con 145 adultos. El testigo (T<sub>0</sub>) registró la mayor densidad poblacional con 442,00 adultos, mostrando diferencias significativas con todos los tratamientos.

Etoxazole es un inhibidor de la síntesis de quitina, un mecanismo que interfiere con la formación del exoesqueleto de los ácaros (Nauen & Smagghe, 2006), efecto crítico, ya que la quitina es esencial para el crecimiento y desarrollo de los artrópodos (Dekeyser, 2005; Li et al., 2014). El efecto observado en el tratamiento T<sub>4</sub> se alinea con los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023), quienes reportaron que Etoxazole es altamente efectivo contra *Oligonychus punicae* por un periodo prolongado.

En contraste, los tratamientos con *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>), Matrine (T<sub>1</sub>) y los extractos de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) mostraron menor eficacia. Los resultados en estos tratamientos fueron similares entre sí y significativamente peores en comparación con Etoxazole. Esto puede explicarse por la variabilidad en la eficacia de los productos biológicos y naturales. Según Tamay (2019) y González-Pariona et al. (2020), aunque *M. anisopliae* y otros tratamientos naturales tienen potencial en el control biológico de plagas, su efecto puede ser limitada por factores como la estabilidad y la persistencia en el ambiente.

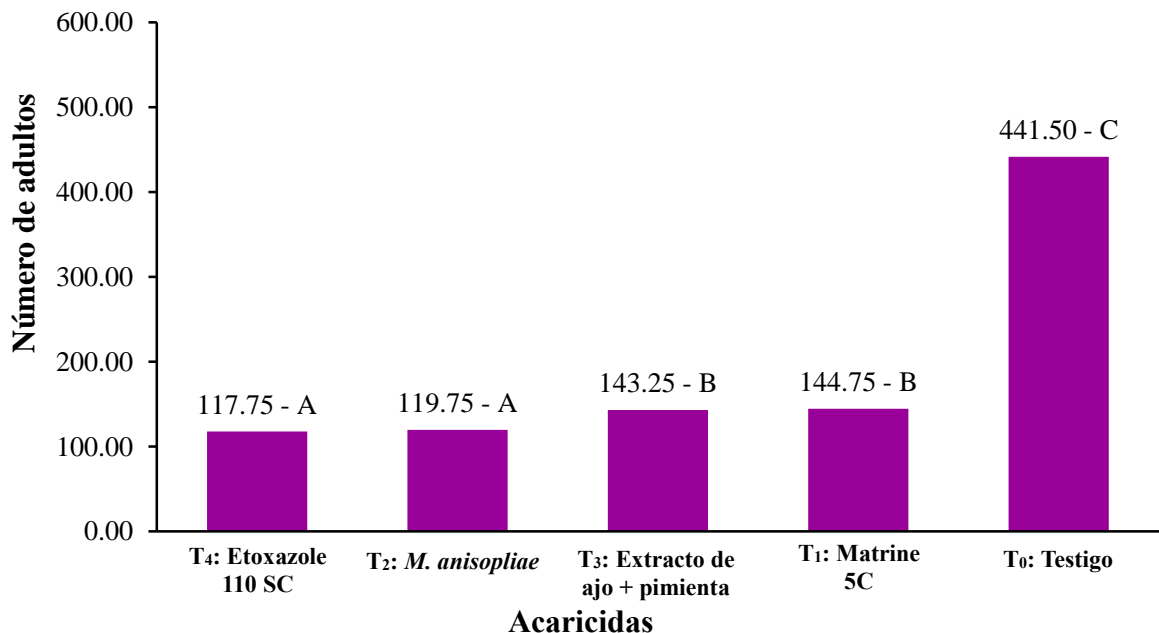


**Figura 18.** Promedios agrupados de la 6ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

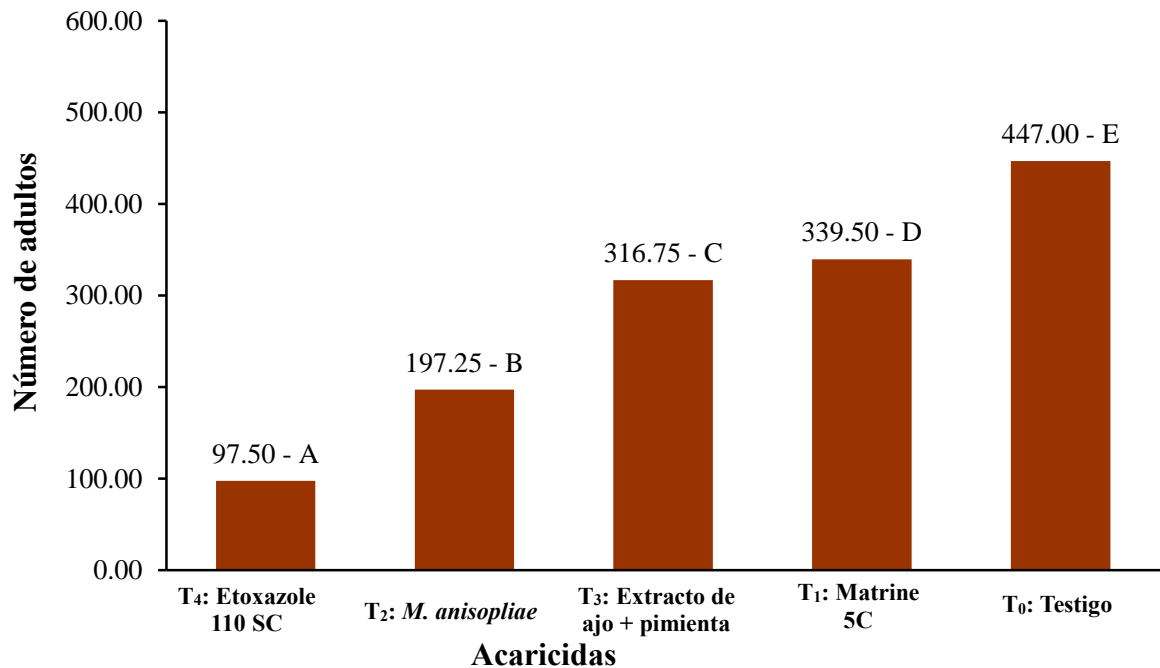
En la Figura 19, se observa el resultado de la prueba de LSD Fischer para densidad poblacional de adultos de *O. punicae* para la 7ma. evaluación, en el cual se distingue estadísticamente los tratamientos *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) y Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) evidenciaron una

reducción significativa similar en la población de ácaros adultos de 119,75 y 117,75 respectivamente, como se demuestra en el estudio de El Sherif et al. (2024). Además, Dogan et al. (2017) demostraron la susceptibilidad de los adultos jóvenes de *T. urticae* a *Metarhizium spp.* Parco (2019) estableció el efecto prolongado de *M. anisopliae* hasta 105 días después de la pulverización en *O. punicae* en árboles de palto.

Por otro lado, se reporta que los tratamientos extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine (T<sub>1</sub>) también demostraron efecto parecido, pero diferentes al testigo (T<sub>0</sub>), con una media de 143,25 y 144,75 adultos de *O. punicae* respectivamente. Matrine, un alcaloide de *Sophora flavescens*, afecta el sistema nervioso de los insectos, causando parálisis y muerte (Sun et al., 2022; Zanardi et al., 2015). Aunque prolonga su efecto acaricida y puede combinarse con enemigos naturales (Kowah et al., 2023), su eficacia es limitada frente a plaguicidas comerciales, requiriendo modificaciones químicas para mejorarla (Min et al., 2020). El extracto de ajo y pimienta en Mitekill muestra propiedades repelentes y acaricidas; el ajo con alicina altera el comportamiento alimenticio de los ácaros (Tejeda et al., 2016; Preisser et al., 2018), y la pimienta negra, con piperina y piperamida, actúa como insecticida (Scott et al., 2007; Sun et al., 2024). Aunque efectivos, estos extractos pueden tener efectos menos duraderos que los plaguicidas sintéticos.



**Figura 19.** Promedios agrupados de la 7ma., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.



**Figura 20.** Promedios agrupados de la 8va., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *Oligonychus punicae*.

El resultado de la prueba de LSD Fischer en la 8va. evaluación estableció que Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) obtuvo una media distinta a los demás tratamientos con 97,50 adultos, el cual ejerció mayor control. El Etoxazole tiene un efecto significativo en la reducción de la población de ácaros en esas etapas de evaluación. Estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023) evidencian la efectividad del Etoxazole en la reducción de adultos de *O. punicae* en palto. Singh (2022) también observó una disminución en adultos de *Panonychus ulmi* y *Tetranychus urticae* en manzano.

El mecanismo de acción del Etoxazole, que tiene efecto de contacto e inhibe la muda de los ácaros al interferir con la biosíntesis de quitina (Dekeyser, 2005; Li et al., 2014), muestra limitada eficacia en ácaros adultos (Nauen & Smagghe, 2006). No obstante, su actividad por contacto, ingestión y translaminar en la planta actúa como disruptor de la reproducción, reduciendo la población en futuras generaciones (Murillo-López, 2010). Investigaciones como las de Karmakar et al. (2014) respaldan su eficacia, demostrando una alta mortalidad de ácaros y consolidándolo como una herramienta efectiva en el control de plagas.

La Tabla 8, muestra diferencias significativas entre las evaluaciones en todas las comparaciones realizadas. En los cuatro contrastes, se observan diferencias significativas en la densidad poblacional de adultos en todas las evaluaciones. En el primer contraste ( $C_1$ ), se encontró que la densidad poblacional en  $T_0$  difirió estadísticamente de la densidad en los tratamientos posteriores. En el segundo contraste ( $C_2$ ), se observó que la densidad de adultos en  $T_1$  fue significativamente diferente a la densidad en los tratamientos mencionados. El tercer contraste ( $C_3$ ) mostró una distinción significativa en la densidad de adultos. Finalmente, en el cuarto contraste ( $C_4$ ), se encontró una diferencia significativa en la densidad de adultos.

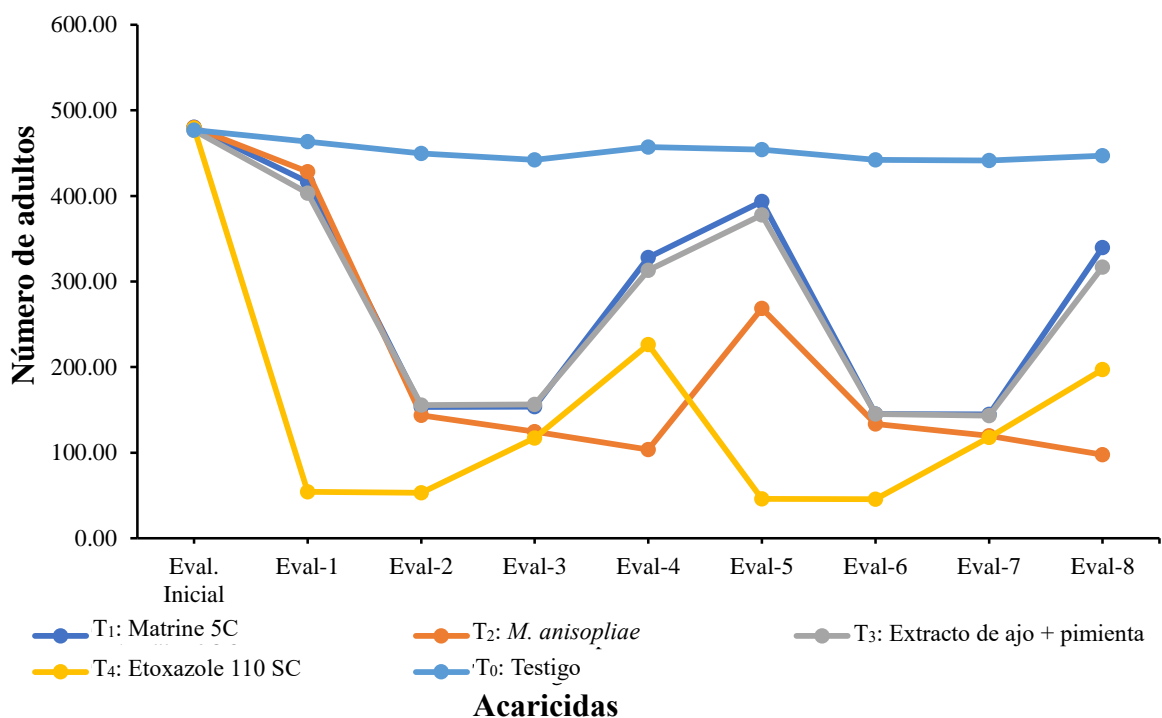
**Tabla 8.** ANVA de contrastes ortogonales de la densidad poblacional de adultos de *O. punicae*

Evaluación	Fuentes	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
		$T_0$ vs $T_1, T_2, T_3, T_4$	$T_1$ vs $T_2, T_3, T_4$	$T_2$ vs $T_3, T_4$	$T_3$ vs $T_4$
1ra	CM	60940,8	43923,0	106134,0	243602,0
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2da	CM	334628,5	3852,1	4082,0	21115,1
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
3ra	CM	295731,2	1323,0	384,0	3120,5
	P-valor	<0,0001	0,0027	0,0264	0,0002
4ta	CM	146718,5	38874,1	73815,0	15051,1
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5ta	CM	106653,0	79462,7	8550,4	220116,1
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6ta	CM	337480,2	4107	8550,38	220116,13
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
7ma	CM	307768,1	954,1	308,2	1300,5
	P-valor	<0,0001	<0,0001	0,0025	<0,0001
8va	CM	140113,8	55216,3	67840,7	28560,5
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Según estos resultados, los acaricidas utilizados muestran diferencias respecto al control de la densidad poblacional de adultos de *O. punicae*, por lo que, se debe a su composición química y modo de acción. Matrine ( $T_1$ ) ejerce control en el metabolismo y el funcionamiento del ácaro adulto, el cual puede prolongarse en el tiempo (Kowah et al., 2023). En caso de *M. anisopliae* penetra la cutícula, coloniza la hemolinfa y produce toxinas que dañan los tejidos, causando la muerte del huésped (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; El Sherif et al., 2024). Para extracto de ajo + pimienta (Mitekill) ejerce acción directa sobre la cutícula de los ácaros y en el desarrollo de los huevos (Serfi, 2024) debido a la acción de los metabolitos principales de los extractos, como la alicina (Nour El-Deen & Abdallah, 2013; Habashy, 2018; Preisser et al., 2018) y piperamidas del extracto de pimienta (Scott et al., 2005; Scott et al.,

2007). En el caso de Etoxazole, el control que muestra es superior, porque suele comportarse como un regulador del crecimiento de ácaros (Dekeyser, 2005; Nauen & Smaghe, 2006).

En la Figura 21, se reconoce los patrones producidos en el tratamiento T<sub>4</sub>, el cual se expresa incrementos del número de adultos vivos a la 4ta., y 8va., evaluación, lo que representa un incremento gradual cada tres evaluaciones. Los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> muestran similar descenso en la 1ra., y 2da., evaluación, no obstante, el tratamiento T<sub>2</sub> continuó con el decrecimiento hasta la 4ta., evaluación, los adultos vivos se incrementan en la 5ta., evaluación, y para las siguientes nuevamente el número de adultos vivos se reduce. A partir de la 3ra., evaluación, los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> desarrollan un comportamiento muy similar hasta la 8va., evaluación, estos tratamientos permitieron que el número de adultos vivos se incremente notablemente en la 4ta., 5ta., y 8va., evaluación. El tratamiento testigo T<sub>0</sub> distingue una tendencia continua durante los momentos evaluados.



**Figura 21.** Fluctuación de la densidad poblacional de adultos de *O. punicae* por efecto de los acaricidas de última generación.

El efecto del Etoxazole muestra un incremento inmediato en la población de ácaros a los 14 y 42 días después de la aplicación, debido al período de carencia del producto que es de 14 días (Montana, 2023), resultado similar se reportó con León-Castillo (2023). el efecto de *M. anisopliae*, depende de la formulación, dosis y frecuencia de aplicación, y puede prolongarse en el tiempo, especialmente por lo blanda y poco esclerotizada de la nueva cutícula

mudada (Butt et al., 2016; Dogan et al., 2017). el extracto de ajo tiene acción por ingesta, repelente y ovicida (Habashy, 2018; Preisser et al., 2018; Serfí, 2024) y el extracto de pimienta tiene efecto sinérgico con las amidas análogas (Scott et al., 2005). La eficacia de Matrine como plaguicida es limitada en comparación con los productos comerciales, destacando la necesidad de utilizar derivados de Matrine para un mayor efecto (Min et al., 2020).

#### 4.2. Reducción del grado de infestación de *Oligonychus punicae* Hirts.

La prueba de Friedman al nivel de significancia de 0,05 de probabilidad de error determina que hubo significación estadística de los tratamientos en cada evaluación realizada. Asimismo, se evidencia la prueba de Rangos al 0,05 de margen de error, en el que se destaca estadísticamente al tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) con menor grado de infestación sobre los demás tratamientos en la 1ra., 2da., 5ta., 6ta., evaluación, por otro lado, es preciso resaltar el efecto del tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) por registrar menor grado de infestación en la 4ta., y 8va., evaluación. En la 3ra., y 7ma., evaluación de la infestación, los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> fueron diferentes al testigo.

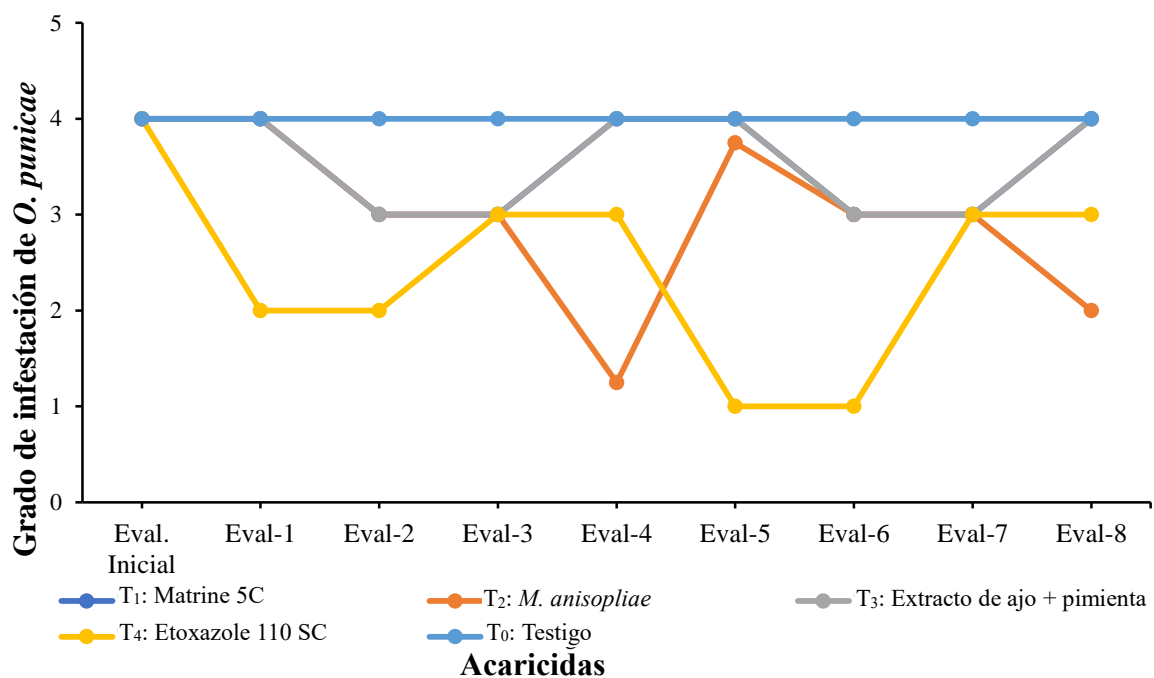
Los resultados descritos en cuanto al grado de infestación de *O. punicae* es consecuencia de la reducción de la densidad poblacional de ninfas y adultos, tal como se observan en los resultados de Parco (2019) y González-Pariona et al. (2020) donde el número de ácaros es proporcional al grado de infestación, en ambos se registraron infestaciones de grado 2 con *M. anisopliae* y grado 1 con *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* respectivamente. En el estudio de Llanos-Sánchez (2019) se determinó la reducción del grado de infestación de *O. punicae* por medio del control químico.

**Tabla 9.** Prueba de Friedman ( $p=0,05$ ) y la prueba de Rangos para el grado de infestación de *O. punicae* sobre palto.

Evaluación	Media de Rangos					P
	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	T <sub>2</sub> : M. anisopliae	T <sub>3</sub> : Extracto de ajos + pimienta	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	T <sub>0</sub> : testigo	
1	3,50 b	3,50 b	3,50 b	1,00 a	3,50 b	<0,0001
2	3,00 bc	3,00 bcd	3,00 b	1,00 a	5,00 e	<0,0001
3	2,50 abc	2,50 abcd	2,50 ab	2,50 a	5,00 e	<0,0001
4	4,00 c	1,00 a	4,00 c	2,00 b	4,00 c	<0,0001
5	3,63 b	3,13 b	3,63 b	1,00 a	3,63 b	<0,0001
6	3,00 bc	3,00 bcd	3,00 b	1,00 a	5,00 e	<0,0001
7	2,50 abc	2,50 abcd	2,50 ab	2,50 a	5,00 e	<0,0001
8	4,00 c	1,00 a	4,00 c	2,00 b	4,00 c	<0,0001

CIFO (2024).

La Figura 22, detalla la fluctuación del grado de infestación durante ocho evaluaciones, donde el tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) logró reducir dos grados de infestación de *O. punicae* en la 1ra., y 2da., evaluación y de tres grados en la 5ta., y 6ta., evaluación con respecto a la evaluación inicial. Este efecto demuestra que Etoxazole posee gran capacidad para reducir la infestación del ácaro, tal como se comprueba en los ensayos realizados por Singh (2022) contra *P. ulmi* y *T. urticae* en huertos de manzanos; El Sherif et al. (2024) contra *T. urticae* en plantas de *Capsicum annum*; Escobedo (2016) y León-Castillo (2023) contra *O. punicae* en palto Hass.



**Figura 22.** Fluctuación del grado de infestación de *O. punicae* por efecto de los acaricidas de última generación.

Los tratamientos T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (Extracto de ajos + pimienta) consiguieron reducir la infestación un grado en la 2da., evaluación, respecto a la evaluación inicial, en ello solo el tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) pudo reducir notablemente la infestación a la 4ta., y 8va., evaluación. Por lo que se demuestra a *M. anisopliae* como un biopesticida contra *O. punicae*, al igual que El Sherif et al. (2024) quien reporta la capacidad del hongo contra la fecundidad femenina de 35,3 huevos/hembra de *T. urticae*.

Además, se observa el mismo patrón de respuesta entre los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (Extracto de ajo + pimienta) en las ocho evaluaciones realizadas. Esta similitud, radica en su efecto en la interrupción de la síntesis lípidos (Scott et al., 2005; Preisser et al.,

2018; Habashy, 2018), ambos influyen en la capacidad reproductiva de los ácaros. Además, ambos compuestos tienen un modo de acción específico que afecta la síntesis de lípidos, aunque a través de diferentes mecanismos bioquímicos.

### 4.3. Eficacia del control de *Oligonychus punicae* Hirts

#### 4.3.1. Eficacia de control sobre estadios ninfales de *O. punicae*

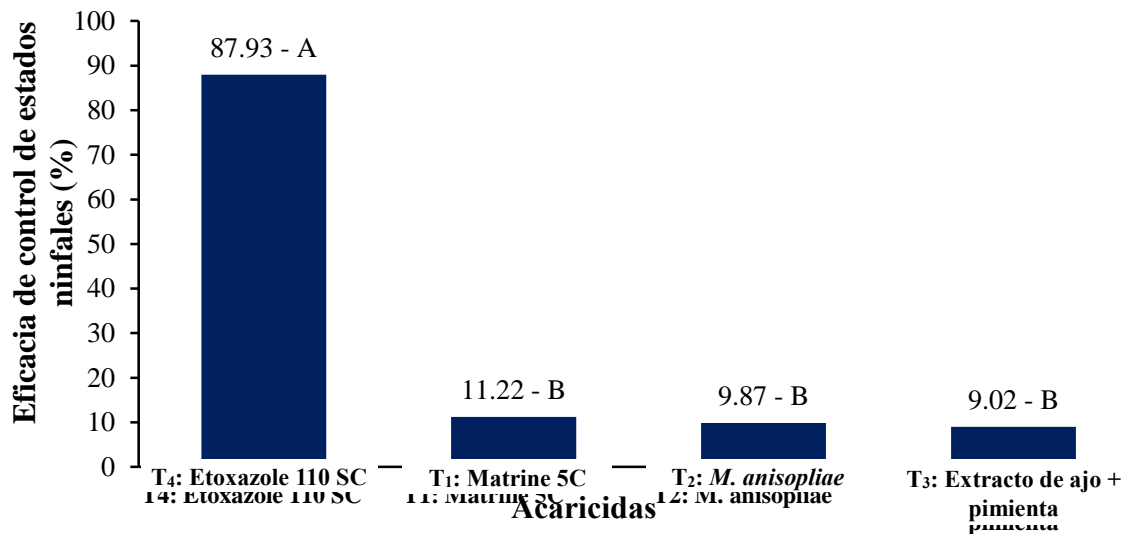
En el ANVA resumido ( $p=0,05$ ), se encontró que el p-valor no fue significativo para los bloques, pero sí para los tratamientos, lo que indica diferencias significativas entre ellos. Este análisis estadístico se respalda en los coeficientes de variabilidad (CV), los cuales expresan que los datos obtenidos en la eficacia fueron consistentes y confiables. Además, se observa una estrecha dispersión de los datos en la 6ta., y 7ma., evaluación (Tabla 10).

**Tabla 10.** Resumen del ANVA para eficacia de control sobre estadios ninfales de *O. punicae* sobre palto durante ocho evaluaciones.

Evaluación	Bloques			Tratamientos			CV	$\bar{x}$
	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor		
1	7,40	3,18	0,0776	6071,19	2608,26	<0,0001	5,17	29,51
2	1,39	2,53	0,1224	532,03	970,36	<0,0001	1,05	70,94
3	14,82	3,36	0,0688	70,56	16,00	0,0006	3,10	67,67
4	4,04	2,24	0,1526	2590,19	1437,63	<0,0001	3,08	43,53
5	2,40	3,08	0,0829	5057,98	6484,41	<0,0001	2,23	39,67
6	0,60	1,17	0,3734	487,04	946,14	<0,0001	0,98	73,09
7	0,57	3,51	0,0623	55,42	340,01	<0,0001	0,58	70,02
8	0,58	0,17	0,9110	2483,93	745,14	<0,0001	3,88	47,04

CIFO (2024).

En la Figura 23, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 1ra. evaluación, en los cuales se identifica al promedio del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) con efecto distinto y superior estadísticamente de 87,93 % respecto a los demás tratamientos, ya que, expresan promedios de eficacia semejantes entre 9,01 a 11,22 %. Se ratifica el resultado obtenido por Etoxazole en los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023), debido a que el ingrediente activo presenta actividad por contacto, ingestión y translaminar en la planta tratada, controlando huevos, larvas y ninfas, especialmente (Murillo-López, 2010).



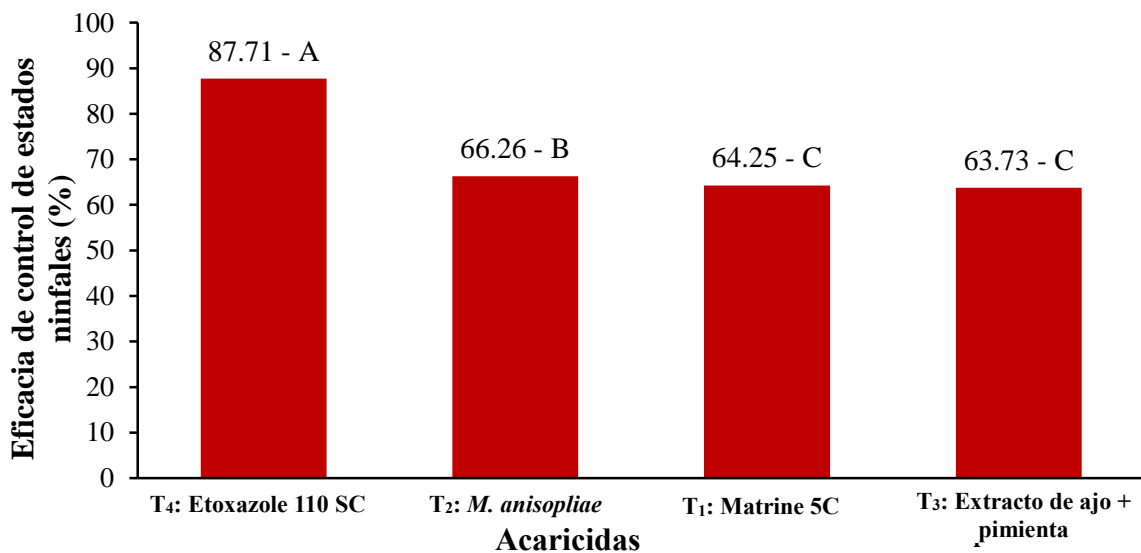
**Figura 23.** Promedios agrupados de la 1ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 24, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 2da. evaluación, donde el tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) obtuvo la mayor eficacia de control que fue significativa respecto a los otros tratamientos con 87,71 %. Por otro lado, el promedio del tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) demostró un promedio diferente estadísticamente en relación a los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine 5C) y T<sub>3</sub> (Extracto de ajo + pimienta) quienes reportaron promedios que fueron semejantes con 64,25 y 63,73 %.

Los resultados descritos concuerdan con diversas investigaciones, ya que, el uso de cualquier sustancia acaricida de origen químico, es eficaz en el control de ácaros del palto (Lemus y Pérez, 2016; Álvarez, 2020; Singh, 2022), especialmente en *O. punicae*, los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023) confirman el efecto del Etoxazole consiguieron eficacia sobre el ácaro en mención. El tratamiento de *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) tuvo un promedio de eficacia distinto a los tratamientos Matrine (T<sub>1</sub>) y extracto de ajo y pimienta (T<sub>3</sub>), lo que concuerda con estudios de Parco (2019), González-Pariona et al. (2020) y El Sherif et al. (2024) porque poseen un mecanismo de penetración eficaz a la cutícula del huésped (Ortiz-(Urquiza & Keyhani, 2013; Wasuwan et al., 2022).

Por otro lado, es importante, considerar el resultado de Matrine (T<sub>1</sub>) y extracto de ajo y pimienta (T<sub>3</sub>) aunque expresaron promedios similares estadísticamente,

obtuvieron una eficacia mayor al 60 %, el cual demuestra que cualquier sustancia biológica (Dogan et al., 2017; Tamay y De la Cruz, 2019; Kowah et al., 2023) son eficaces en el control de ácaros. Matrine, tiene una eficacia limitada en comparación con los plaguicidas comerciales, lo que podría explicar su rendimiento en este estudio (Min et al., 2020). Además, el extracto de ajo + pimienta, con propiedades repelentes y acaricidas debido a la alicina y fitoquímicos como la piperina (Tejeda et al., 2016; Scott et al., 2007), mostró un efecto similar al de Matrine, pero su eficacia puede verse afectada por la inestabilidad de los compuestos activos y su duración limitada (Preisser et al., 2018; Han et al., 2023).

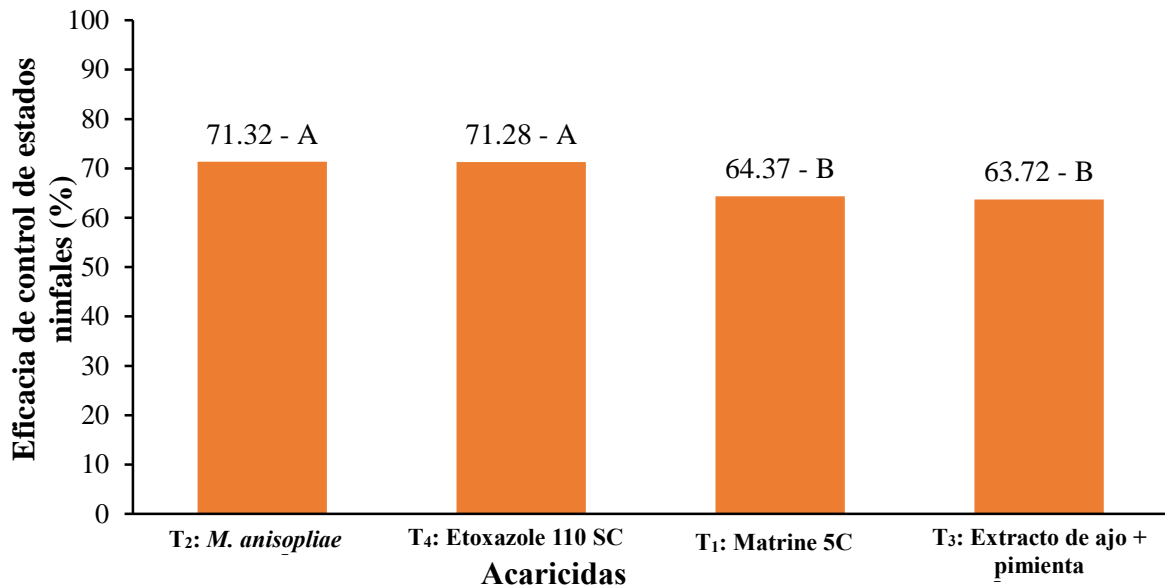


**Figura 24.** Promedios agrupados de la 2da., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 25, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 3ra. evaluación, donde se evidencia que los tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) y T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) obtuvieron promedios de eficacia que fueron similares pero distintos a los tratamientos Matrine (T<sub>1</sub>) y extracto de ajo y pimienta (T<sub>3</sub>). Estos resultados demuestran el estudio de El Sherif et al. (2024) quienes registraron eficacia con acaricidas químicos y microbiológicos.

Por otro lado, los tratamientos Matrine (T<sub>1</sub>) y extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) también demostraron promedios de eficacia semejantes. Estas similitudes, se deben a que soluciones naturales, a pesar de sus beneficios, pueden presentar una eficacia similar debido a la limitación en la duración de sus efectos y su capacidad para proporcionar un control a largo

plazo comparado con tratamientos más especializados. Min et al. (2020) indica que Matrine presenta limitaciones en comparación con plaguicidas comerciales, así como Tejeda et al. (2016), Scott et al. (2007), Preisser et al. (2018) y Han et al. (2023) refieren que el extracto de ajo + pimienta, con propiedades repelentes y acaricidas derivadas de compuestos como la alicina y la piperina, también enfrenta desafíos en cuanto a estabilidad y duración de sus efectos.

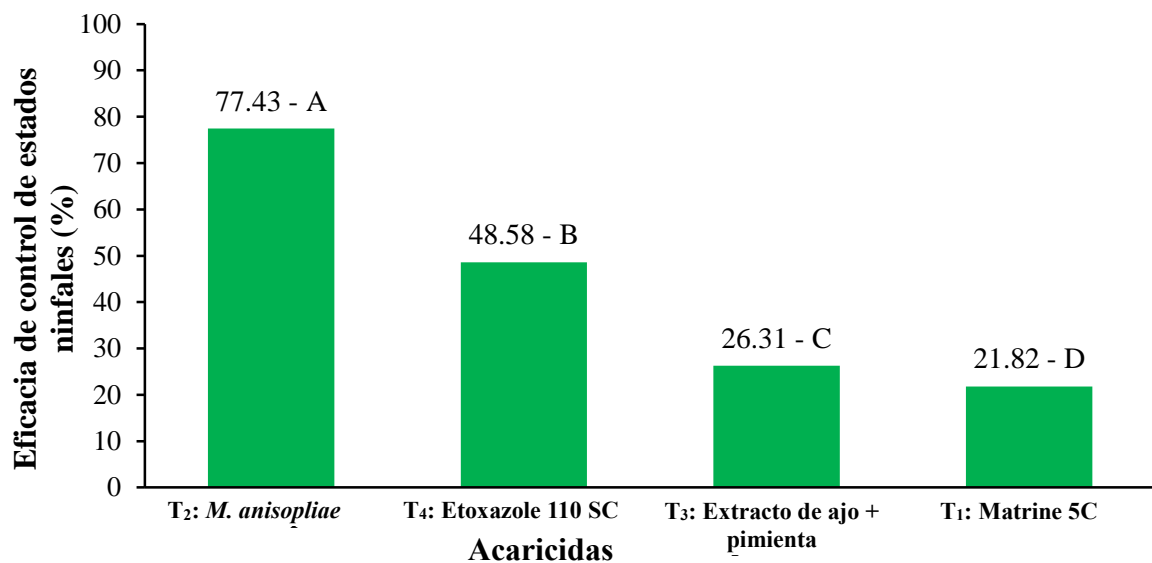


**Figura 25.** Promedios agrupados de la 3ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 26, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 4ta. evaluación, donde todos los tratamientos obtuvieron un resultado diferente, lo que evidencia la eficacia de las sustancias químicas (Lemus y Pérez, 2016; Álvarez, 2020; Singh, 2022) y microbiológicas (Urquiza & Keyhani, 2013; Wasuwan et al., 2022) en el control de ácaros. El tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) obtuvo la mayor eficacia de control que fue significativa respecto a los otros tratamientos con 77,43 %. El mecanismo del *M. anisopliae* interfiere con la biosíntesis de quitina (Li et al., 2014) y tiene mayor eficacia contra los huevos, larvas y ninfas de los ácaros, (Nauen & Smagghe, 2006).

Por otro lado, el promedio del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) obtuvo 48,58 % de eficacia, el cual fue diferente estadísticamente en relación a los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine 5C) y T<sub>3</sub> (Extracto de ajo + pimienta) quienes reportaron promedios distintos con 26,31 y 21,82 %. Esto se justifica debido a su mecanismo de acción especializado *M. anisopliae*,

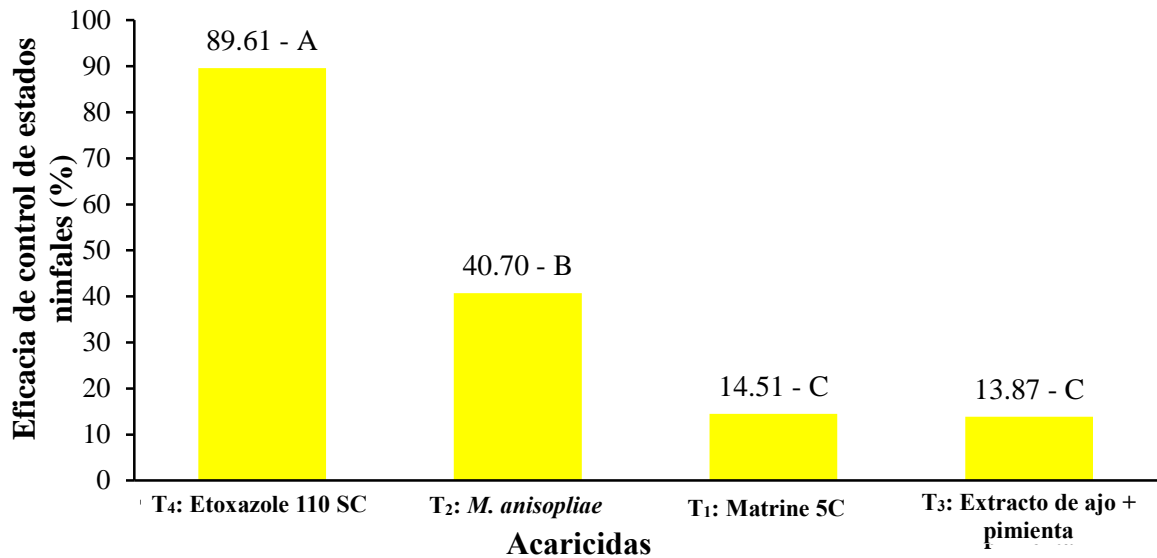
ya que, se adhiere a la cutícula del insecto y germina, utilizando enzimas para degradar la cutícula y penetrar el huésped, lo que resulta en una infección efectiva (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; Wasuwan et al., 2022). La capacidad de *M. anisopliae* para infectar y colonizar la hemolinfa del insecto, junto con su capacidad para producir proteínas específicas para cada huésped, le otorga una ventaja sobre tratamientos menos efectivos como Matrine y el extracto de ajo + pimienta, que tienen una acción menos directa y prolongada (El Sherif et al., 2024).



**Figura 26.** Promedios agrupados de la 4ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

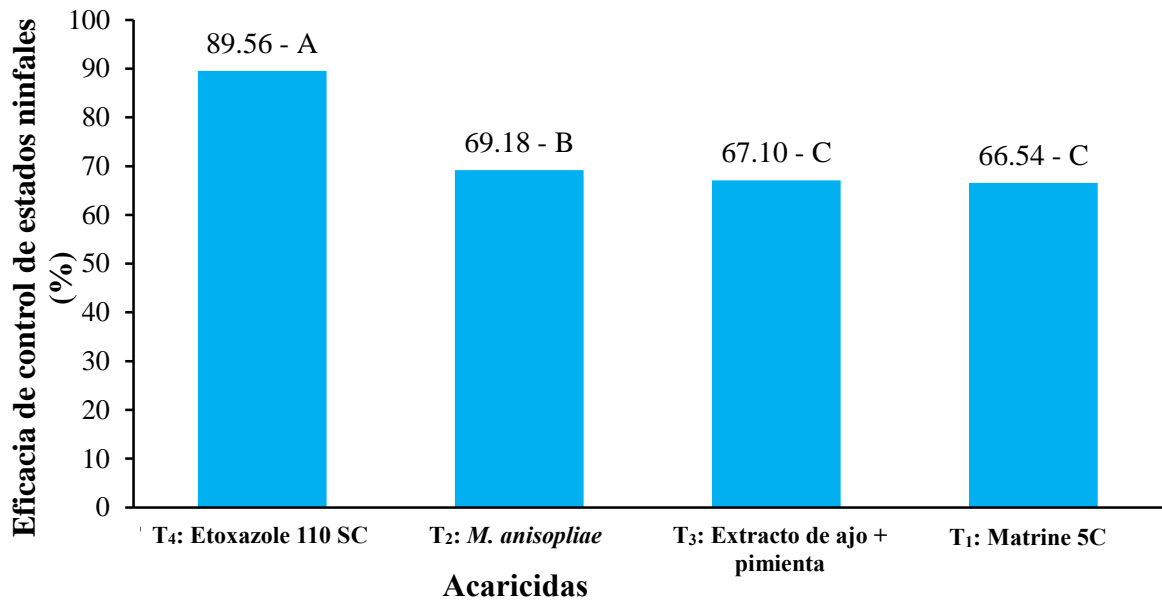
En la Figura 27, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 5ta. evaluación, donde el tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) obtuvo la mayor eficacia de control que fue significativa respecto a los otros tratamientos con 89,61 %. El mecanismo de Etoxazole interfiere con la biosíntesis de quitina, es decir inhibe el líquido de muda (Dekeyser, 2005; Li et al., 2014) actúa como disruptor de la reproducción, reduciendo la población en la siguiente generación (Murillo-López, 2010). Por otro lado, se destaca estadísticamente la eficacia del *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) sobre Matrine (T<sub>1</sub>) y el extracto de ajos + pimienta (T<sub>3</sub>), estos últimos obtuvieron eficacias similares. se debe a su capacidad superior para adherirse, germinar y penetrar la cutícula del insecto, utilizando enzimas específicas para provocar la muerte del huésped (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; Wasuwan et al., 2022), como las subtilisinas, tripsinas,

quimotripsinas y carboxipeptidasas para degradar la proteína de la procutícula de los artrópodos antes de colonizar la hemolinfa (El Sherif et al., 2024).



**Figura 27.** Promedios agrupados de la 5ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

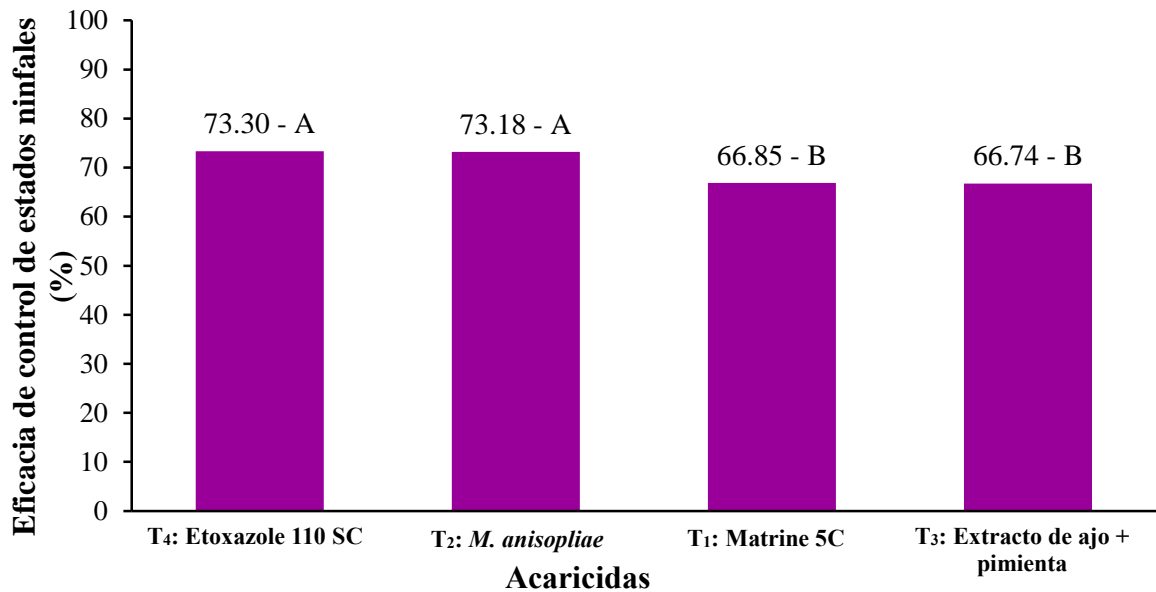
En la Figura 28, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 6ta. evaluación, donde Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) mostró la mayor eficacia de control con un 89,56 %, significativamente superior a los otros tratamientos. Este efecto se debe a que Etoxazole actúa como un disruptor de la biosíntesis de quitina, inhibiendo el líquido de muda y afectando la reproducción, lo que reduce las poblaciones en generaciones futuras (Dekeyser, 2005; Li et al., 2014; Murillo-López, 2010). En comparación, *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) demostró ser más eficaz que Matrine (T<sub>1</sub>) y el extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) debido a su capacidad para adherirse y germinar en la cutícula del insecto, utilizando enzimas como subtilisinas y tripsinas para degradar la proteína de la procutícula y colonizar la hemolinfa (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; Wasuwan et al., 2022; El Sherif et al., 2024). Matrine tiene limitaciones en comparación con plaguicidas comerciales (Min et al., 2020). Asimismo, el extracto de ajo + pimienta, aunque posee propiedades repelentes y acaricidas gracias a la alicina y piperina, enfrenta desafíos relacionados con la estabilidad y duración de sus efectos (Tejeda et al., 2016; Scott et al., 2007; Preisser et al., 2018; Han et al., 2023).



**Figura 28.** Promedios agrupados de la 6ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 29, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 7ma. evaluación, donde los tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) y T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) alcanzaron niveles de eficacia similares, diferenciándose de T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo y pimienta). Esto coincide con lo reportado por El Sherif et al. (2024) sobre la eficacia de acaricidas químicos y microbiológicos. Las similitudes entre T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> se explican porque, aunque naturales, estas soluciones enfrentan limitaciones en duración y eficacia comparadas con tratamientos especializados (Tejeda et al., 2016; Scott et al., 2007; Preisser et al., 2018; Han et al., 2023).

Por otro lado, la eficacia reducida de Matrine (T<sub>1</sub>) y el extracto de ajo y pimienta (T<sub>3</sub>) podría estar relacionada con la rapidez con la que los compuestos naturales se degradan en el ambiente, lo que limita su efectividad prolongada contra los estadios ninfales. Además, la variabilidad en la concentración de los principios activos como la alicina y la piperina, dependiendo de las condiciones de extracción y almacenamiento, podría afectar su potencia (Preisser et al., 2018). En contraste, productos como Etoxazole y *M. anisopliae* ofrecen una acción más sostenida y predecible, que resulta en un control más efectivo y consistente.



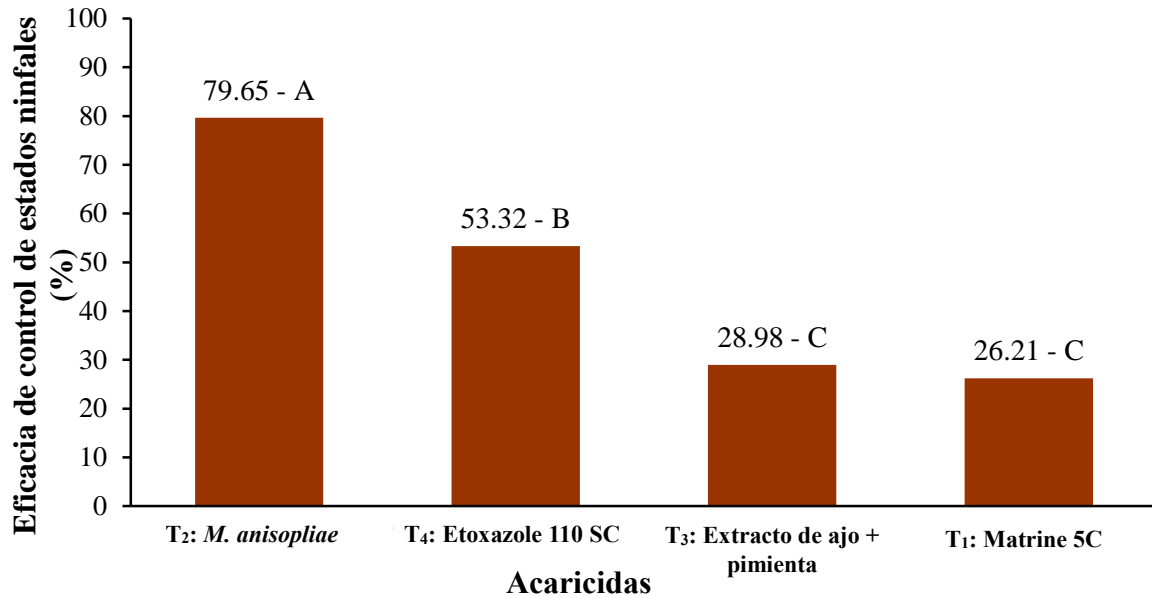
**Figura 29.** Promedios agrupados de la 7ma., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 30, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre los estadios ninfales en la 8va. evaluación, donde el tratamiento con *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) fue el más efectivo, con una eficacia del 79.65 %, que fue distinto estadísticamente a tratamiento Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) que registró una eficacia de 53.32 %. Los extractos de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) son menos efectivos, con eficacias de 28.98 % y 26.21 %, respectivamente, pero no mostraron diferencias significativas.

*Metarhizium anisopliae* (T<sub>2</sub>) mostró mayor eficacia que Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) debido a su acción directa y multifacética sobre los insectos. Mientras que, Etoxazole actúa principalmente como un inhibidor de la síntesis de quitina, afectando la muda de los insectos y reduciendo la reproducción (Dekeyser, 2005; Li et al., 2014), *M. anisopliae* no solo degrada la cutícula con enzimas específicas, sino que también coloniza la hemolinfa, lo que lleva a la muerte del insecto (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; El Sherif et al., 2024). Esta capacidad de infección múltiple y directa permite a *M. anisopliae* actuar más eficazmente en el control de plagas.

Los extractos de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>), con eficacias de 28.98 % y 26.21 % respectivamente, no mostraron diferencias significativas entre ellos. Estas soluciones naturales presentan limitaciones debido a la rápida degradación de sus compuestos

activos en el ambiente y a su variabilidad en concentración (Preisser et al., 2018; Min et al., 2020; Tejeda et al., 2016; Scott et al., 2007; Han et al., 2023), lo que disminuye su eficacia prolongada en comparación con tratamientos más especializados.



**Figura 30.** Promedios agrupados de la 8va., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estados ninfales de *Oligonychus punicae*.

En la Tabla 11, se revela diferencias significativas entre las evaluaciones en todas las comparaciones realizadas. En los cuatro contrastes se observa significativas diferencias en la eficacia de control de ninfas en todas las evaluaciones. En el C<sub>1</sub> (T<sub>1</sub> vs T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>) la eficacia de control del T<sub>1</sub> fue distinto estadísticamente a la eficacia de control de los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. En el C<sub>2</sub> (T<sub>2</sub> vs T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>) la eficacia de control de ninfas del T<sub>2</sub> fue significativamente diferente a la eficacia de control obtenida por la aplicación de los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. Para el C<sub>3</sub> (T<sub>3</sub> vs T<sub>4</sub>) la eficacia de control de ninfas del T<sub>3</sub> demostró distinción significativa de la eficacia de control del tratamiento T<sub>4</sub>.

La diferencia de la eficacia del control de ninfas en Matrine (T<sub>1</sub>) y *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) frente a los demás acaricidas químicos, se debe a que ambos productos son de origen orgánico, Matrine requiere de sus derivados, como el ácido N-(p-etil) fenil sulfonilmatrínico, cuya actividad acaricida es casi 5,9 veces que el Matrine (Min et al., 2020). En cambio, la actividad *M. anisopliae* dependen de la muda de los ácaros, especialmente cuando el intervalo de tiempo entre etapas de muda consecutivas es corto (Bugeme et al., 2014). Los

acaricidas Extracto de ajo + pimienta y Etoxazole poseen actividad distinta. El extracto de ajo + pimienta actúan por ingestión y contacto directo con ácaros sintetizando los lípidos de la cutícula (Scott et al., 2007; Tejeda et al. 2016; Nour El-Deen & Abdallah, 2013; Han et al., 2023; Serfi, 2024; Sun et al., 2024) y Etoxazole posee actividad ovicida e inhibe el proceso de muda en ninfas de ácaros (Dekeyser, 2005; Nauen & Smagghe, 2006; Murillo-López, 2010; Li et al., 2014).

**Tabla 11.** ANVA de contrastes ortogonales de la eficacia de control de ninfas de *O. punicae*

Evaluación	Fuentes	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
		T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub> vs T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>
1ra	CM	1783,64	3974,8	12455,2
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2da	CM	207,5	238,7	1149,8
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
3ra	CM	58,17	39,0	114,5
	P-valor	0,0055	0,0156	0,0006
4ta	CM	2515,6	4263,7	991,2
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5ta	CM	3376,8	324,8	11472,3
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6ta	CM	228,9	223,08	1009,13
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
7ma	CM	53,7	26,7	85,9
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
8va	CM	2314,21	3953,2	1184,4
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001

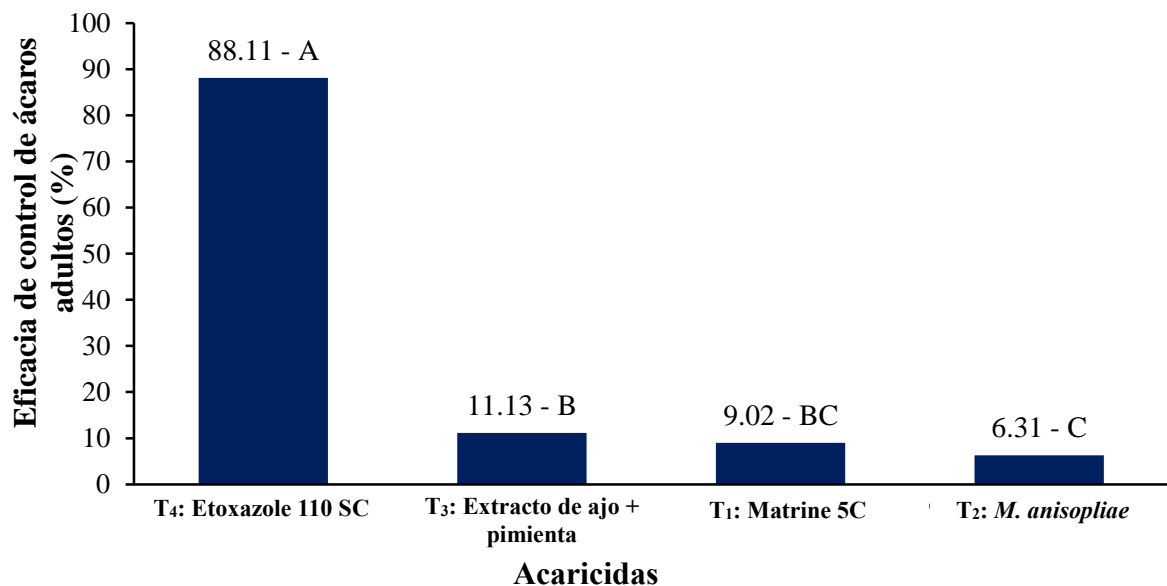
#### 4.3.1. Eficacia de control sobre adultos de *O. punicae*

En el ANVA resumido ( $p=0,05$ ), demostró que el p-valor fue no significativo para los bloques, pero significativo para los tratamientos, lo que indica diferencias significativas entre ellos. Este análisis estadístico se respalda en los coeficientes de variabilidad (CV), los cuales expresan que los datos obtenidos para la eficacia fueron consistentes y confiables, debido a la baja dispersión de los datos en la 2da., 3ra., 6ta., y 7ma. evaluación muy próximas a la media, sin embargo, hubo cierta variabilidad respecto a la media en la 1ra., 4ta., 5ta. y 8va evaluación (Tabla 12), debido a que hubo mayor diferencia de la eficacia de control por parte del Etoxazole respecto a los otros acaricidas.

**Tabla 12.** Resumen del ANVA para eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* sobre palto durante ocho evaluaciones.

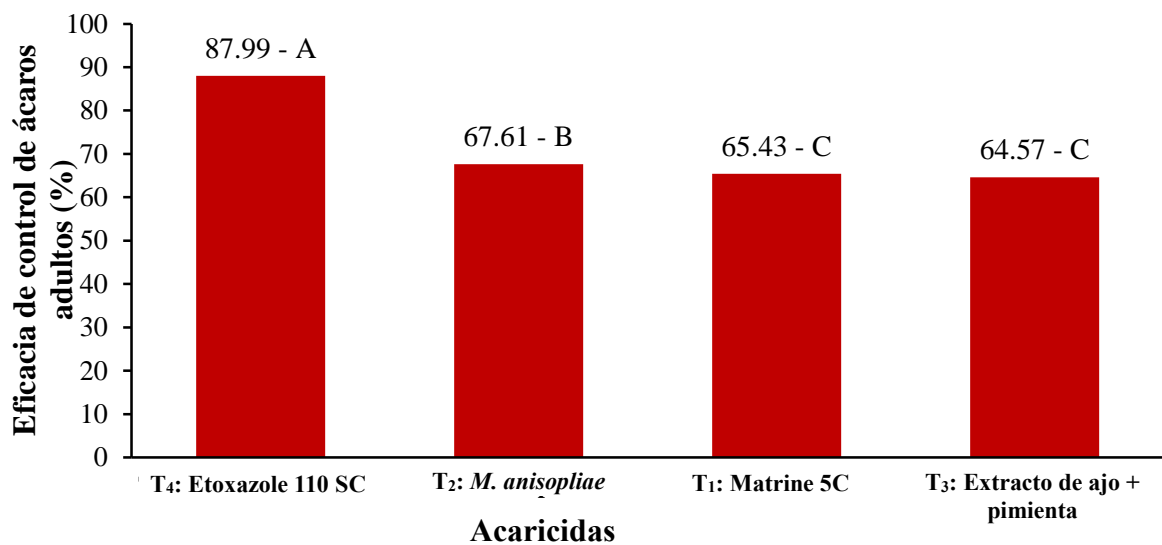
Evaluación	Bloques			Tratamientos			CV	Media
	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor		
1	0,92	0,23	0,8719	6302,31	1586,8	<0,0001	6,96	28,64
2	1,10	1,57	0,2635	495,90	706,30	<0,0001	1,17	71,40
3	0,99	1,96	0,1907	83,48	164,92	<0,0001	1,03	68,86
4	1,90	0,44	0,7275	2227,53	520,05	<0,0001	4,65	44,52
5	2,02	0,73	0,5621	4874,56	1750,6	<0,0001	4,08	40,91
6	1,05	2,39	0,1360	459,04	1044,3	<0,0001	0,90	73,93
7	0,23	0,30	0,8213	43,48	57,60	<0,0001	1,23	70,65
8	2,78	0,78	0,5326	2474,16	696,01	<0,0001	3,97	47,49

En la Figura 31, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 1ra. evaluación, donde el promedio del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) tuvo un efecto distinto respecto a los otros tratamientos. Este efecto se ratifica en los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023), a pesar de no tener mucha eficacia sobre adultos de ácaros (Nauen & Smaghe, 2006). Sin embargo, el efecto mostrado se podría atribuir al efecto de contacto y reductor en la ovoposición transovárica en hembras tratadas (Murillo-López, 2010).



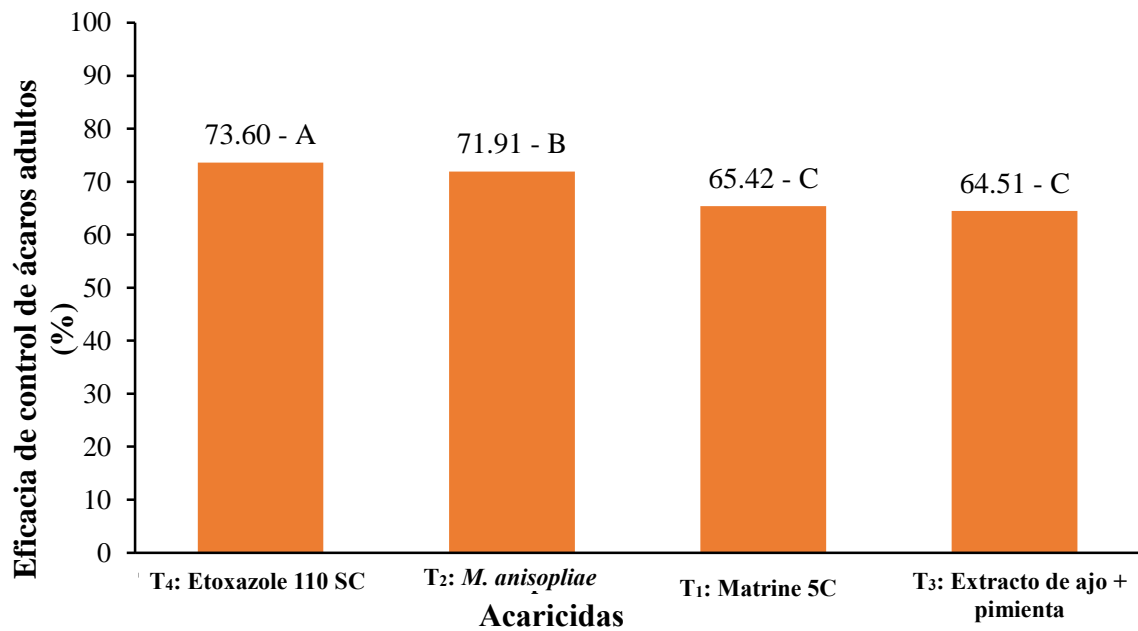
**Figura 31.** Promedios agrupados de la 1ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 32, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 2da. evaluación, donde el promedio del tratamiento T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) fue estadísticamente diferente a los tratamientos T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*), T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta). Este efecto se ratifica en los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023) quienes reportaron el efecto del Etoxazole sobre otros compuestos químicos y biológicos. El efecto observado puede atribuirse a que reduce específicamente adultos femeninos, al dañar su ovoposición transovárica (Murillo-López, 2010).



**Figura 32.** Promedios agrupados de la 2da., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 33, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 3ra. evaluación, donde la eficacia del T<sub>4</sub> (Etoxazole 110 SC) fue estadísticamente diferente a los tratamientos T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*), T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta), debido a que Etoxazole tiene acción de contacto y afecta especialmente la población de hembras (Murillo-López, 2010). La eficacia del tratamiento *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) difiere de los tratamientos T<sub>3</sub> (Extracto de ajo + pimienta) y T<sub>1</sub> (Matrine 5C), por lo que, la eficacia del hongo radica en su alta capacidad de colonización (Parco, 2019; El Sherif et al., 2024).



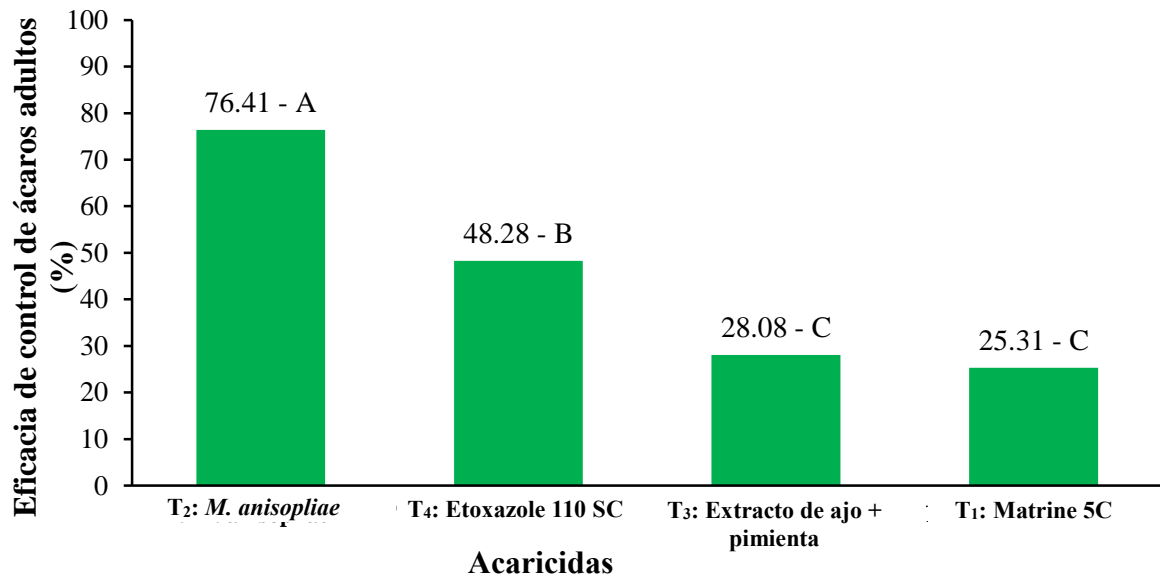
**Figura 33.** Promedios agrupados de la 3ra., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 34, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 4ta. evaluación, donde el tratamiento con *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) fue el más eficaz, con un 76.41 % de control, siendo el promedio distinto a Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) que tuvo 48.28 % de eficacia. Los extractos de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) muestran eficacias distintas estadísticamente con promedios menores. Según estudios, *M. anisopliae* es efectivo debido a su capacidad de infección y colonización de ácaros (Wasuwan et al., 2022).

Por otro lado, el Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) alcanzó un 48.28 % de eficacia, lo que es consistente con su modo de acción, que se dirige principalmente a las etapas inmaduras de los ácaros, como huevos, larvas y ninfas, y no a los adultos. Aunque su eficacia es menor en comparación con *M. anisopliae*, su capacidad para inhibir la muda y afectar la ovogénesis puede explicar el control observado en la población adulta en esta evaluación (Dekeyser, 2005; Nauen & Smaghe, 2006).

Los tratamientos con extractos de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) mostraron eficacias menores, de 28.08 % y 25.31 % respectivamente, lo cual puede estar relacionado con la limitada persistencia y estabilidad de los compuestos activos presentes en estos extractos. Aunque los compuestos como la alicina en el ajo + la piperina en la pimienta

tiene propiedades repelentes y anti alimentarias, su acción por contacto y su rápida degradación pueden haber reducido su eficacia en el control de los adultos de *O. punicae* (Tejeda et al., 2016; Scott et al., 2007). Por su parte, la actividad acaricida del Matrine, a pesar de su potencial, es limitada en comparación con otros acaricidas más potentes, lo que explica su menor eficacia en esta evaluación (Sun et al., 2022; Zanardi et al., 2015).

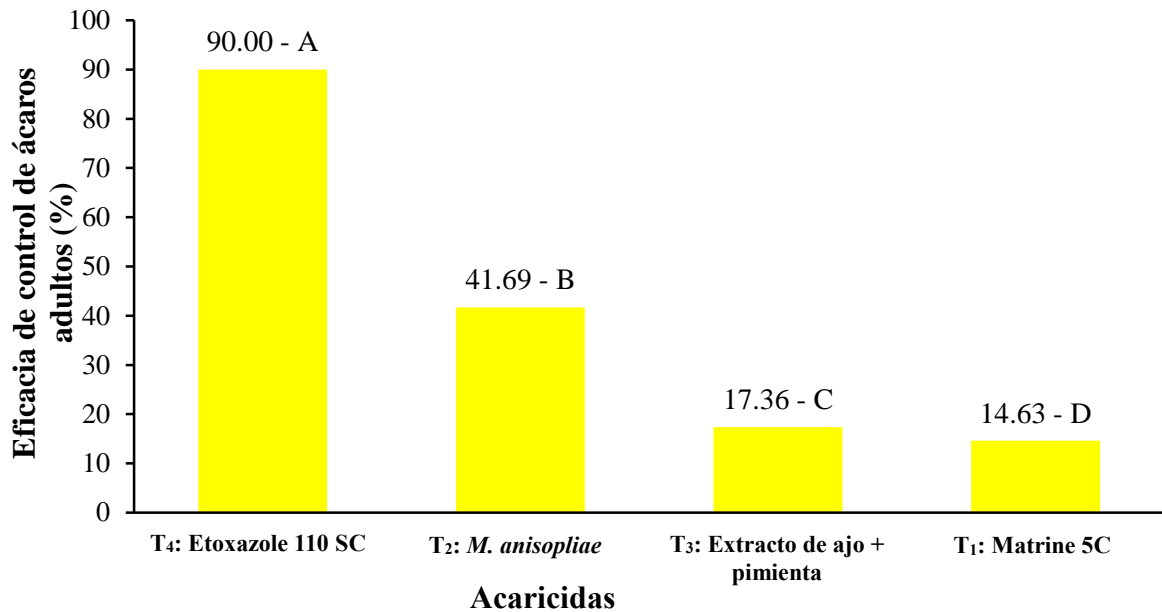


**Figura 34.** Promedios agrupados de la 4ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 35, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 5ta. evaluación, donde el Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) fue el más eficaz, con un 90 % de control, este promedio fue distinto a los tratamientos *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>), extractos de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>), debido a que afecta el sistema nervioso al inhibir la muda y afectar la ovogénesis (Dekeyser, 2005; Nauen & Smagghe, 2006).

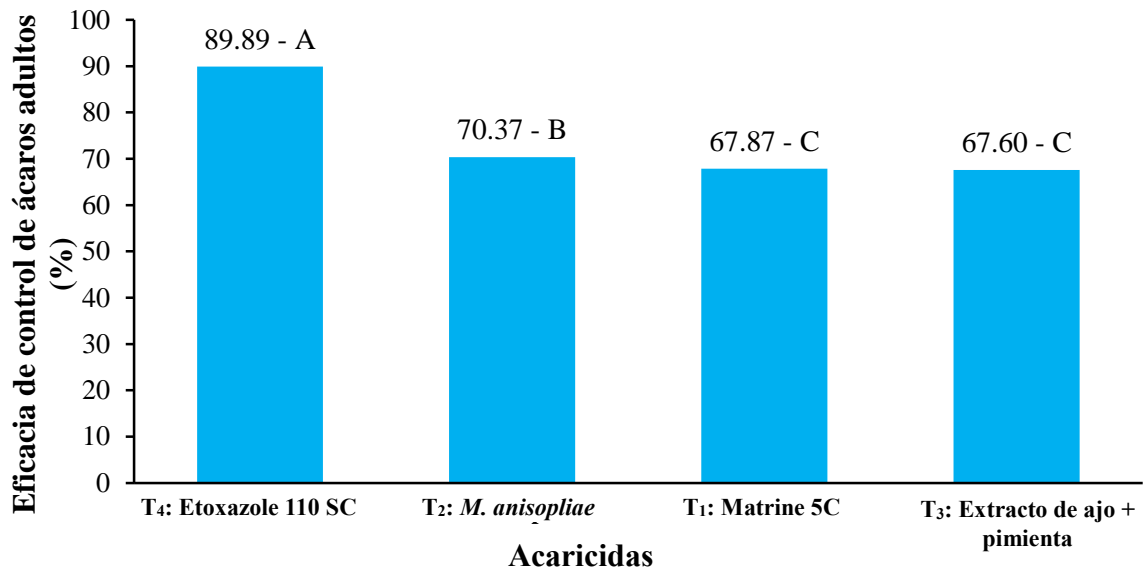
El tratamiento *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) destacó estadísticamente de los tratamientos extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) y Matrine 5C (T<sub>1</sub>) que coloniza a gran número de adultos de ácaros sin distinguir sexos, con estructuras especializadas para penetrar la cutícula (Wasuwan et al., 2022). El extracto de ajo + pimienta (T<sub>3</sub>) tuvo un promedio estadísticamente diferente al tratamiento Matrine 5C (T<sub>1</sub>), porque la alicina metabolito del ajo consigue degradar

la cutícula (Nour El-Deen & Abdallah, 2013), asimismo, la piperidina interrumpe la síntesis de lípidos (Sun et al., 2024). Estas propiedades ejercen una mayor acción sobre los ácaros, en comparación con Matrine.



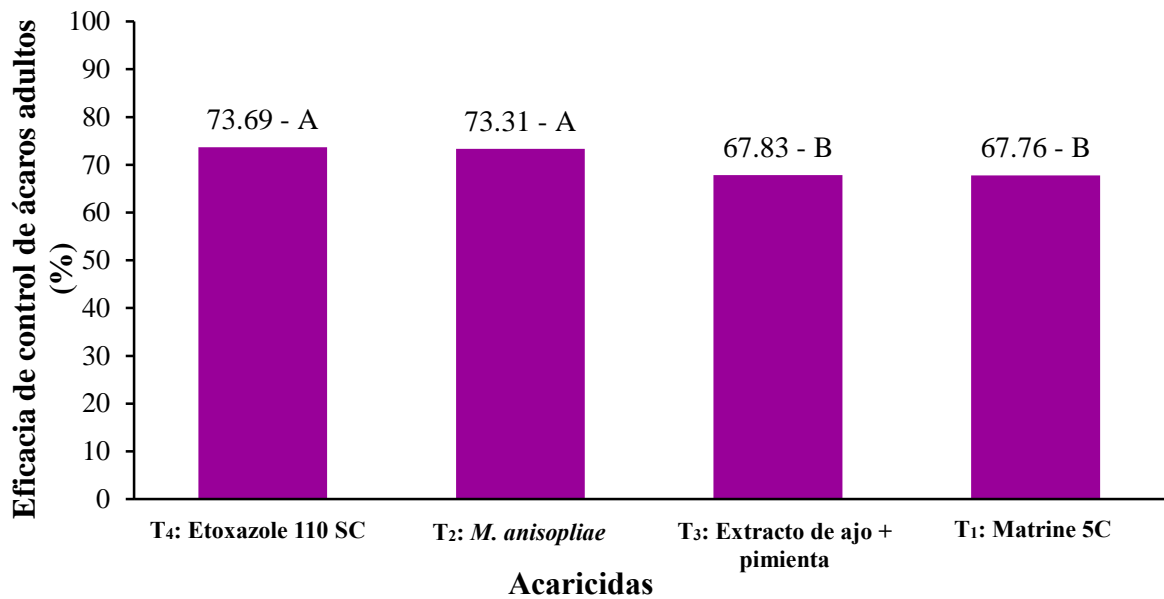
**Figura 35.** Promedios agrupados de la 5ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 36, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 6ta. evaluación, donde el Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) tuvo un promedio significativamente más eficaz (89,89 %) que los demás. *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) logró un promedio (70.37 %), que fue de menor eficacia que T<sub>4</sub>, pero superior a los tratamientos T<sub>1</sub> (Matrine 5C) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta), estos lograron promedios (67.87 % y 67.60 %, respectivamente) que fueron no significativos. Etoxazole, con alta actividad en etapas inmaduras, destacó como un disruptor eficaz del crecimiento de ácaros (Nauen & Smagghe, 2006), mientras que *M. anisopliae* mostró alto potencial biológico en el control de ácaros (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013). Los extractos de ajo + pimienta, por su parte, demostraron mortalidad significativa en *T. urticae* y otras especies (Han et al., 2023; Nour El-Deen & Abdallah, 2013).



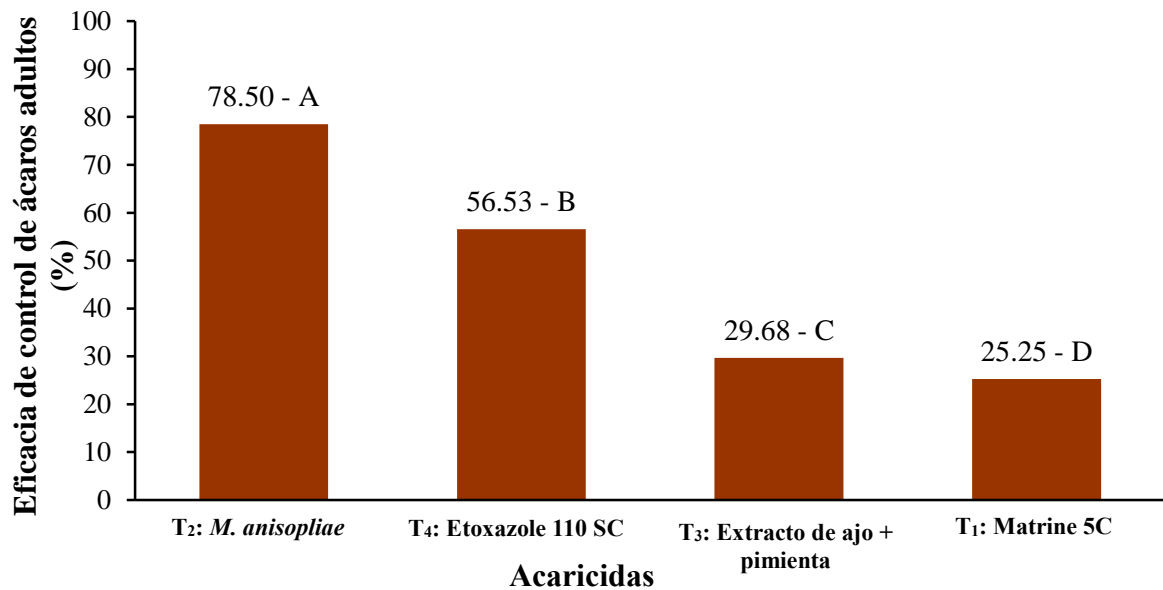
**Figura 36.** Promedios agrupados de la 6ta., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 37, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 7ma. evaluación, donde el tratamiento con Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) demostró una eficacia significativamente superior en comparación con Matrine (T<sub>1</sub>) y el extracto de ajo y pimienta (T<sub>3</sub>). Esta diferencia se atribuye a la acción de contacto de Etoxazole, que es particularmente efectiva contra las hembras adultas del ácaro (Murillo-López, 2010). Por otro lado, *M. anisopliae* mostró una eficacia destacada gracias a su alta capacidad de colonización y patogenicidad, características que lo hacen un agente biocontrolador prometedor (Parco, 2019; El Sherif et al., 2024). Además, investigaciones previas han señalado que la eficacia de *M. anisopliae* puede verse influenciada por factores ambientales y su compatibilidad con otros agentes de control biológico (Butt et al., 2016), lo que sugiere la necesidad de un enfoque integrado para maximizar su efectividad en el manejo de plagas como *O. punicae*.



**Figura 37.** Promedios agrupados de la 7ma., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

En la Figura 38, se observan los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control sobre adultos de *O. punicae* durante la 8va. evaluación, donde los tratamientos *M. anisopliae* (T<sub>2</sub>) y Etoxazole 110 SC (T<sub>4</sub>) mostraron una eficacia notablemente diferente en comparación con los otros dos tratamientos, según la prueba LSD Fischer. Este hallazgo es consistente con los estudios de Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2023), que resaltan que, a pesar de la percepción general de menor eficacia en el control de ácaros adultos (Nauen & Smagghe, 2006), Etoxazole puede ser efectivo debido a su acción de contacto y su capacidad para reducir la ovoposición en hembras (Murillo-López, 2010). Investigaciones adicionales también han demostrado que Etoxazole puede influir significativamente en la reproducción de ácaros, lo que contribuye a su eficacia general en el control de la plaga (Dekeyser, 2005; Nauen & Smagghe, 2006; Karmakar et al., 2014). Este efecto destaca la importancia de considerar tanto la acción directa sobre los adultos como los efectos secundarios en la reproducción para una gestión efectiva de plagas (Murillo-López, 2010; Li et al., 2014).



**Figura 38.** Promedios agrupados de la 8va., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *Oligonychus punicae*.

La Tabla 13, muestra diferencias significativas entre las evaluaciones en todas las comparaciones realizadas. En los cuatro contrastes, se observan diferencias significativas en la eficacia de control de adultos en todas las evaluaciones. En el primer contraste ( $C_1$ ) entre  $T_1$  y los tratamientos  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$ , se encontró que la eficacia de control de adultos en  $T_1$  difirió estadísticamente de la eficacia en los tratamientos posteriores. En el segundo contraste ( $C_2$ ) entre  $T_2$  y los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$ , se observó que la eficacia de control de adultos en  $T_2$  fue significativamente diferente a la eficacia de los tratamientos mencionados. Finalmente, el tercer contraste ( $C_3$ ) entre  $T_3$  y el tratamiento  $T_4$  mostró una distinción significativa en la eficacia de control de adultos.

Los resultados descritos anteriormente, demuestran que los agentes acaricidas tienen una eficacia diferente, debido a sus características químicas y fisiológicas. Matrine, opera en el sistema nervioso ocasionando parálisis y asfixia (Montana, 2024). *M. anisopliae*, por otro lado, degradan la cutícula del artrópodo antes de colonizar la hemolinfa, lo que contribuye a su capacidad de infectar una amplia gama de huéspedes (El Sherif et al., 2024). El extracto de ajos + pimienta afecta la oviposición y el desarrollo de los huevos de ácaros (Habashy, 2018; Serfi, 2024) y por reacciones anti alimentarias (Scott et al., 2007; Tejeda et al.

2016), mientras que, Etoxazole induce defectos en la formación de la quitina de manera diferente a las benzoilúreas (Murillo-López, 2010).

**Tabla 13.** ANVA de contrastes ortogonales de la eficacia de control de adultos de *O. punicae*

Evaluación	Fuentes	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
		T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub> vs T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>
1ra	CM	2054,21	5000,9	11851,8
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2da	CM	190,3	200,6	1096,8
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
3ra	CM	63,16	21,8	165,5
	P-valor	<0,0001	0,0001	<0,0001
4ta	CM	1968,1	3898,2	816,3
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
5ta	CM	3686,4	383,4	10553,9
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6ta	CM	196,06	186,93	994,13
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
7ma	CM	44,5	17,3	68,7
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001
8va	CM	2638,85	3341,5	1442,1
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001

#### 4.4. Entomofauna benéfica en el cultivo de palto

De acuerdo al resumen del ANVA de la Tabla 14, el p-valor establece que la fuente de bloques no distinguió significación estadística, mientras que entre tratamientos evidenció significación estadística. Los coeficientes de variabilidad reportados denotan confiabilidad y precisión al momento de registrar el conteo de los insectos benéficos, asimismo, existe mayor homogeneidad de los datos en las familias Chrysopidae, Reduviidae y Apidae.

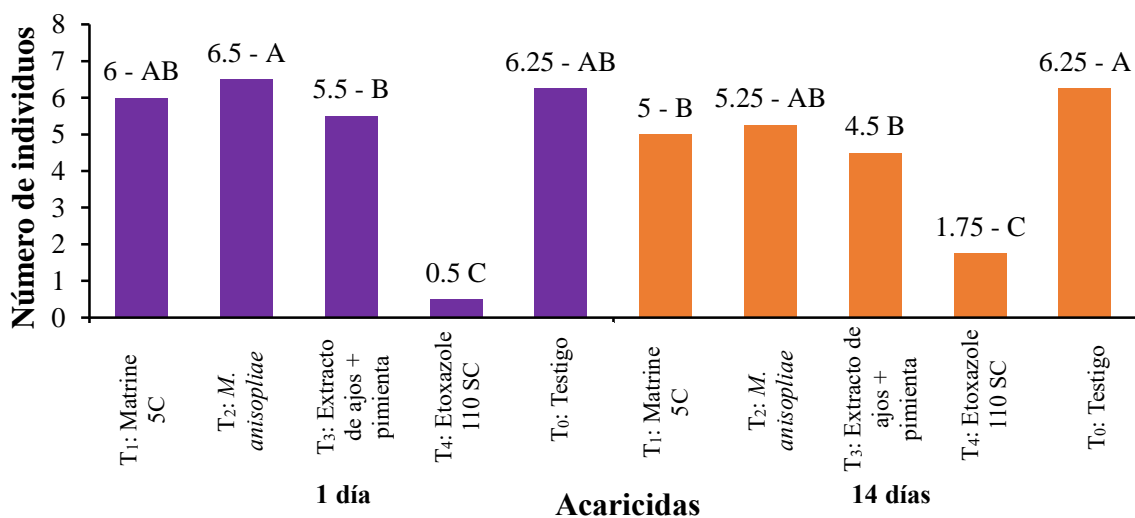
**Tabla 14.** ANVA ( $p=0,05$ ) para la 1ra., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.

DDA	F.V.	Chrysopidae	Reduviidae	Coccinellidae	Syrphidae	Vespidae	Apidae	
1	Bloques	CM	0,18	0,07	0,40	0,45	0,85	0,33
		P-valor	0,5768	0,8348	0,5937	0,3862	0,0884	0,4262
	Tratamientos	CM	25,30	4,70	17,58	7,68	11,08	15,50
		P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	CV (%)		10,43	23,00	16,96	26,08	16,58	12,83
	X		5,00	2,15	4,60	2,50	4,55	3,45
14	Bloques	CM	0,18	0,18	0,72	0,73	0,87	0,40
		P-valor	0,805	0,6305	0,4715	0,1275	0,2628	0,1555
	Tratamientos	CM	11,43	3,08	6,70	3,55	5,08	4,43
		P-valor	<0,0001	0,0009	0,0018	0,0005	0,0015	<0,0001
	CV (%)		16,42	25,83	21,55	24,47	24,46	11,52
	X		4,55	2,15	4,20	2,30	3,85	3,15

CIFO (2024).

La Figura 39, expresa los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Chrysopidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) mostraron mayor promedio de individuos significativos respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) en el número de individuos a 1 día después de la aplicación (dda), a 1 y 14 dda. Según Mamani (2019), el control biológico en Huánuco, donde predominan fitófagos, tiene baja representatividad de insectos depredadores. El hecho de que T<sub>2</sub> (*Metarhizium anisopliae*) mantenga el control sugiere que los hongos entomopatógenos, aunque puedan no ser efectivos en todas las etapas del ciclo de vida del ácaro, como reportó Castro-López y Martínez-Osorio (2019), podrían ofrecer una solución sostenible y eficaz para el manejo de plagas. A pesar de la baja mortalidad en estados inmaduros reportada por estos autores, el *M. anisopliae* sigue siendo relevante en estrategias integradas de control.

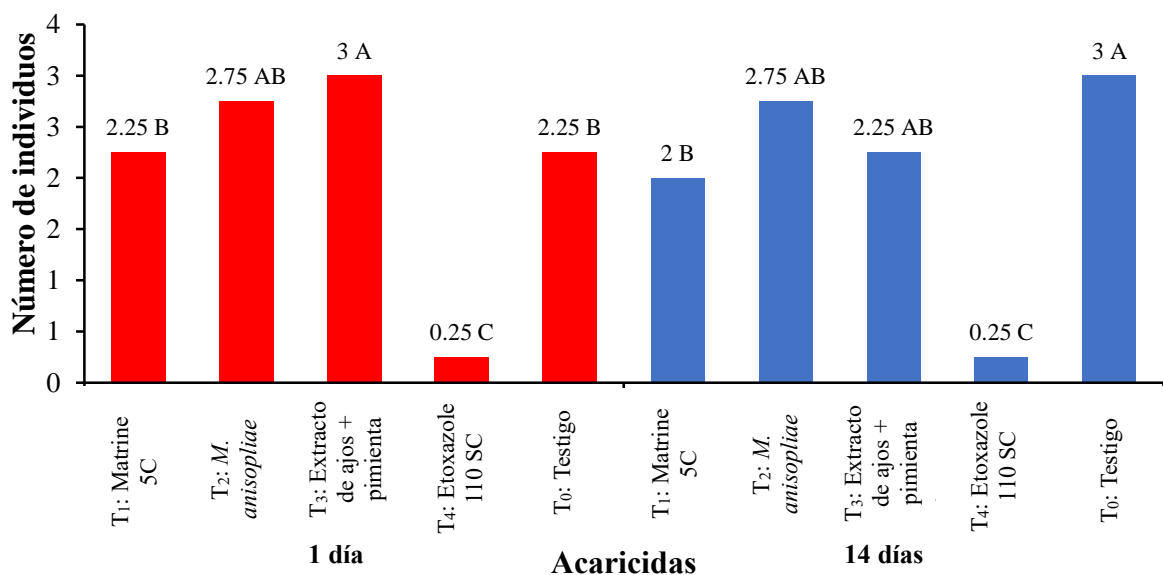
Por otro lado, el efecto del Matrine en el tratamiento T<sub>1</sub> se alinea con estudios recientes que destacan su potencial como insecticida biológico. Aunque la eficacia del Matrine puede ser variable en comparación con los pesticidas comerciales, como se menciona en los trabajos de Sun et al. (2022) y Min et al. (2020), su impacto a corto plazo es notable. La combinación de Matrine y *M. anisopliae*, como indica el estudio, podría mejorar el manejo de *Oligonychus punicae*, promoviendo un enfoque más integrado que minimice el uso de químicos y favorezca el control biológico, en concordancia con las observaciones de Serfi (2024) sobre el control biológico y la resistencia de los ácaros.



**Figura 39.** Promedios agrupados de la familia Chrysopidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.

Los resultados obtenidos con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error, indican que los tratamientos T<sub>3</sub> (Extracto de ajo + pimienta) y T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) se destacaron al registrar mayor número de insectos de la familia Reduviidae, en comparación con los otros tratamientos evaluados. La presencia de estos insectos en el cultivo puede ser crucial para el equilibrio ecológico y el control biológico de plagas. Según Mamani (2019) y Collantes y Rodríguez (2021), la diversidad de insectos en cultivos de palto, aunque en su mayoría fitófaga, incluye depredadores que juegan un papel esencial en el control de plagas. La promoción de estas especies a través de métodos de manejo integrado, como el uso de extractos naturales y hongos entomopatógenos, puede favorecer la regulación de plagas de manera más sostenible.

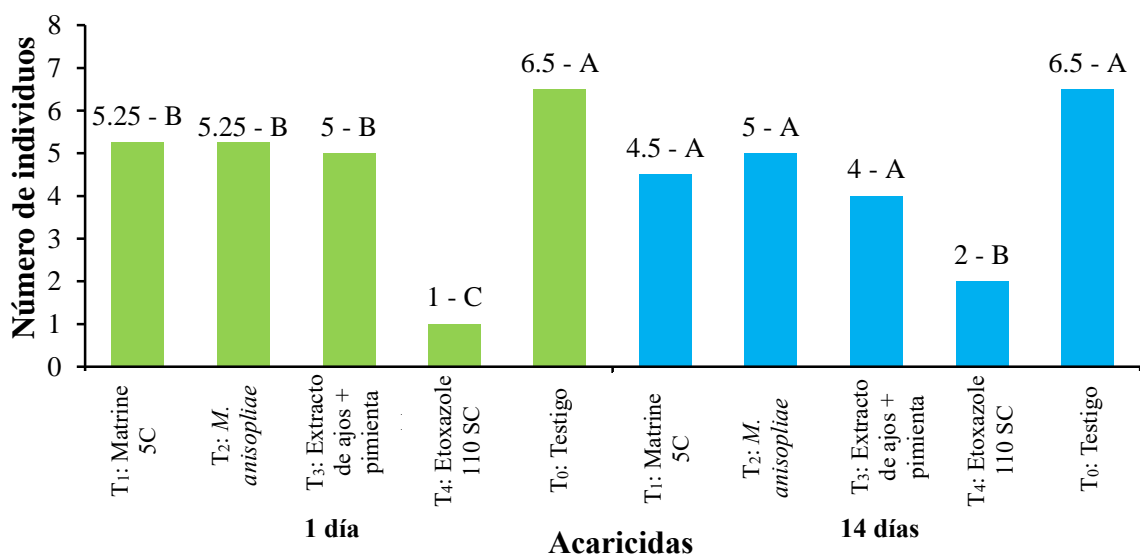
En este contexto, el uso de *M. anisopliae* ha demostrado eficacia en el control de plagas a través de la infección fúngica, mientras que los extractos de ajo y pimienta tienen efectos repelentes y toxicológicos directos sobre los ácaros (Sun et al., 2022; Tejeda et al., 2016). La combinación de ambos tratamientos puede mejorar la salud de los ecosistemas agrícolas al aumentar la presencia de insectos benéficos, tal como se observó en el estudio de Castro-López y Martínez-Osorio (2019) y en investigaciones previas sobre el uso de estos compuestos. La estrategia de combinar métodos biológicos y naturales puede ser más efectiva para mantener un equilibrio en el control de plagas y promover la biodiversidad en los cultivos.



**Figura 40.** Promedios agrupados de la familia Reduviidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.

La Figura 41, expresa los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Coccinellidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) mostraron mayor promedio significativos de coccinélidos respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda. Este hallazgo coincide con estudios previos sobre entomofauna benéfica en el cultivo de palto. Mamani (2019) resaltó que, a pesar de la alta diversidad de insectos fitófagos, los controladores biológicos son limitados. Collantes y Rodríguez (2021) también identificaron depredadores como *Ceraeochrysa cincta* y *Harmonia axyridis*, favorecidos por prácticas que promueven su presencia. La mayor efectividad de Matrine y otros tratamientos en el aumento de Coccinellidae podría reflejar una estrategia efectiva para apoyar la diversidad y funcionalidad de estos insectos, a diferencia de Etoxazole, que, aunque eficaz contra ácaros, no favorece la proliferación de depredadores naturales.

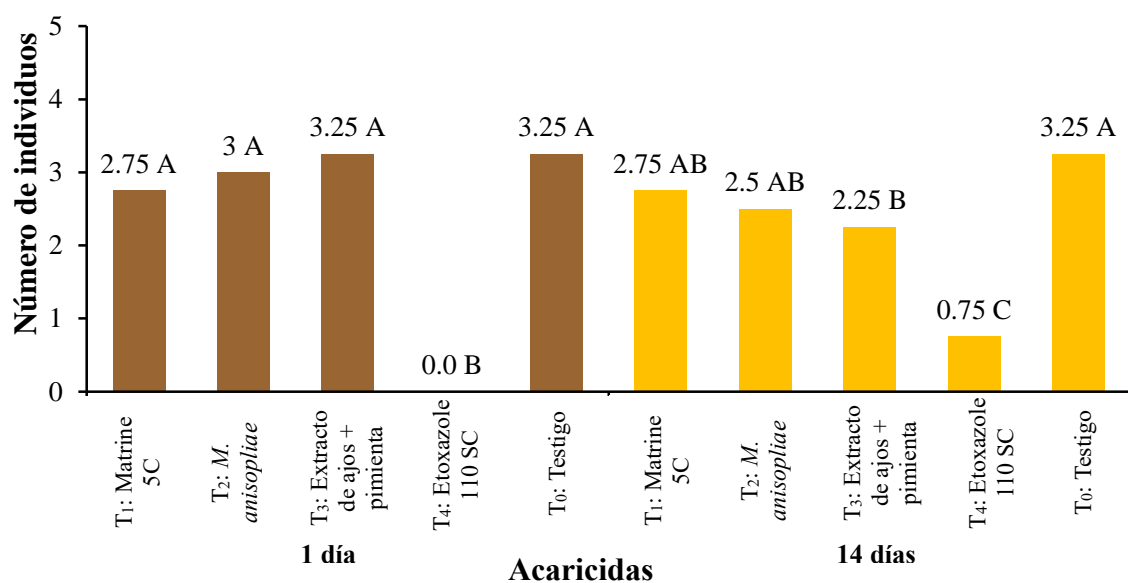
Por otro lado, estudios respaldan el uso de Matrine y extractos vegetales. Sun et al. (2022) señalaron que Matrine, un alcaloide con propiedades insecticidas, controla plagas y potencia controladores biológicos. Asimismo, extractos de ajo + pimienta han demostrado ser efectivos contra ácaros con propiedades repelentes y ovicidas, reduciendo plagas sin afectar depredadores benéficos (Serfi, 2024; Habashy, 2018). Estos tratamientos parecen más beneficiosos para el equilibrio ecológico en cultivos de palto comparado con Etoxazole, aunque eficaz contra etapas inmaduras, no promueve la presencia de insectos benéficos (Nauen & Smaghe, 2006).



**Figura 41.** Promedios agrupados de la familia Coccinellidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.

La Figura 42, expresa los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Syrphidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) mostraron mayor promedio de individuos sírfidos significativos respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda. La presencia de Syrphidae es crucial ya que estos insectos juegan un papel significativo en el control biológico de plagas. Mamani (2019) destaca que la diversidad de insectos en palto es predominante, pero la cantidad de controladores biológicos sigue siendo baja en comparación con los fitófagos. A su vez, Collantes y Rodríguez (2021) informan que la presión de plaguicidas sintéticos reduce la presencia de depredadores benéficos, lo que subraya la necesidad de alternativas más sostenibles que fomenten estos insectos en el ecosistema agrícola.

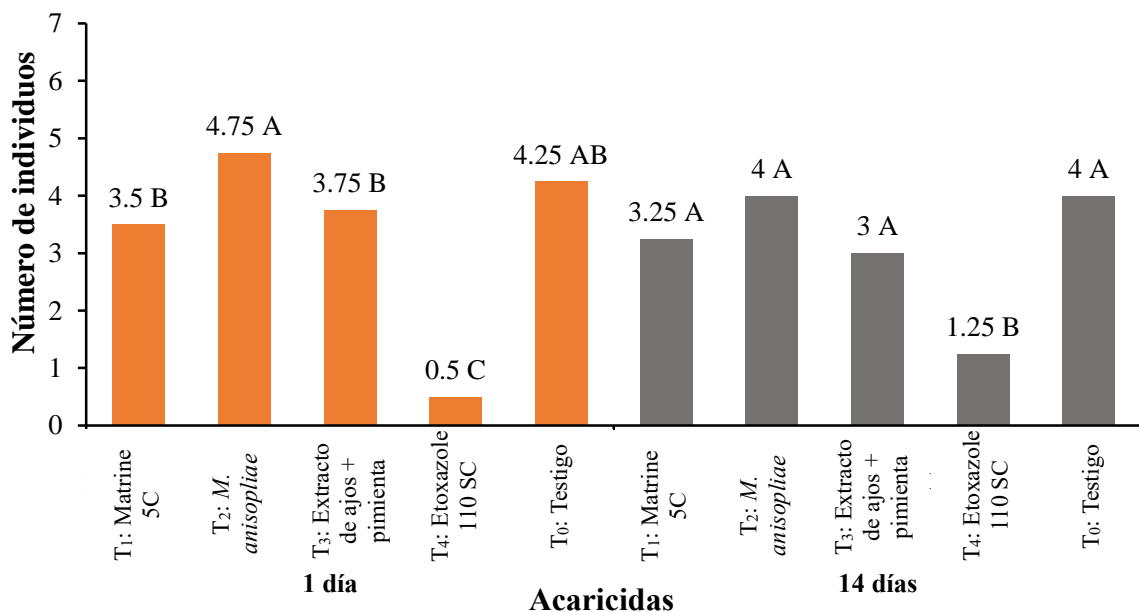
En cuanto a los efectos de los tratamientos aplicados, Matrine y *Metarhizium anisopliae*, según Sun et al. (2022) y Ortiz-Urquiza & Keyhani (2013), presentan ventajas como el control efectivo de plagas sin afectar negativamente a los insectos benéficos. Matrine, un alcaloide de origen botánico, muestra eficacia en plagas como los ácaros tetraníquidos, y su combinación con enemigos naturales mejora su impacto (Kowah et al., 2023). Por otro lado, el *Metarhizium anisopliae* actúa mediante la infección fúngica, lo que permite su uso en estrategias de manejo integrado de plagas (Wasuwan et al., 2022). Estos métodos resaltan la importancia de integrar soluciones biológicas en el manejo de plagas para mantener el equilibrio ecológico y promover la biodiversidad en los cultivos de palto.



**Figura 42.** Promedios agrupados de la familia Syrphidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.

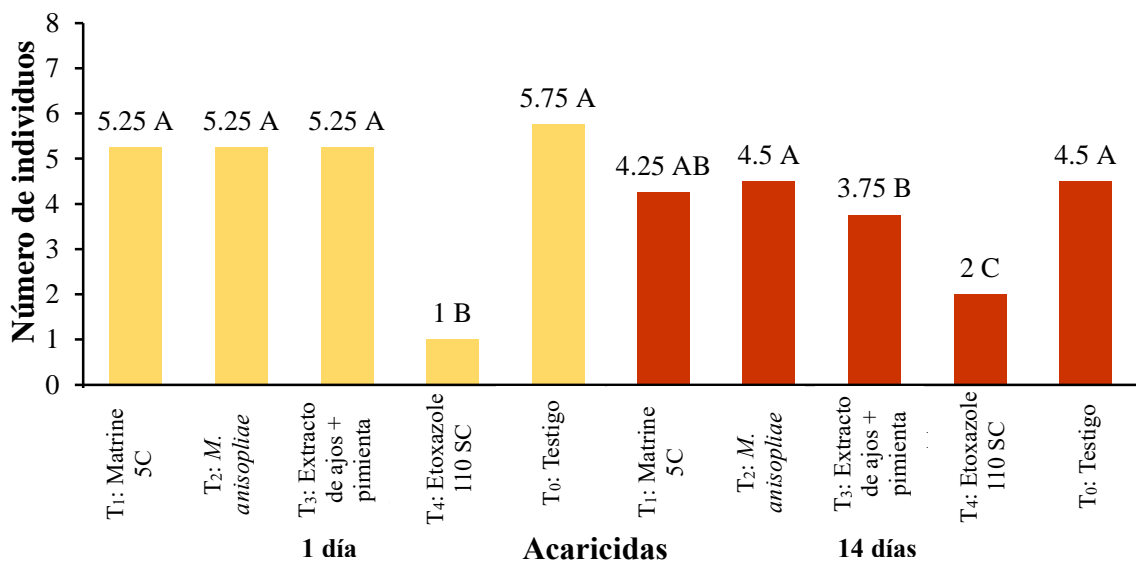
La Figura 43, expresa los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Vespidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) mostraron mayor promedio de avispas vespídeos significativos respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda, es decir Etoxazole fue más tóxico para estos grupos de insectos. Este hallazgo es consistente con los estudios que destacan el potencial de Etoxazole como un acaricida efectivo, especialmente contra etapas inmaduras de ácaros (Nauen & Smagghe, 2006). Sin embargo, la menor efectividad observada para Matrine y los extractos naturales puede estar relacionada con la limitación de su actividad frente a adultos de ácaros y avispas, corroborando la investigación de Sun et al. (2022) sobre la actividad acaricida del Matrine.

La presencia significativa de avispas en los tratamientos con Matrine, *M. anisopliae* y extractos naturales sugiere que estos agentes podrían tener efectos menos contundentes sobre insectos adultos, a diferencia del Etoxazole, que actúa como un disruptor de muda y tiene alta actividad sobre ácaros en diversas etapas (Murillo-López, 2010). Esta diferencia puede estar asociada con los mecanismos de acción específicos de cada tratamiento, donde Etoxazole interfiere directamente en la formación de quitina, mientras que Matrine y los extractos naturales afectan el comportamiento y la alimentación de los insectos (Kowah et al., 2023; Serfi, 2024).



**Figura 43.** Promedios agrupados de la familia Vespidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.

La Figura 44, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Apidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) mostraron mayor promedio de abejas significativos respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda. Estos resultados evidencian que los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> resguardan la población benéfica de insectos, el cual concuerda con Tamay y De La Cruz (2019) donde la aplicación de Matrine tuvo un resultado favorable de la fauna benéfica, asimismo, Kowah et al. (2023) reporta que el uso de Matrine no perjudico la acción biocontroladora de *Neoseiulus cucumeris* contra *Panonychus citri*. Por otro lado, la alicina y la piperamida del extracto de ajo + pimienta respectivamente han sido reportados como los menos dañinos a la fauna benéfica (Nour El-Deen & Abdallah, 2013; Han et al., 2023). *M. anisopliae* puede tener un riesgo comparativamente menor para los ácaros depredadores (Dogan et al., 2017), sin embargo, en el estudio de Castro-López y Martínez-Osorio (2019) se evidenció que la aplicación de *M. anisopliae* no tuvo efecto significativo contra *Chrysoperla externa*.



**Figura 44.** Promedios agrupados de la familia Apidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 1ra., aplicación.

La Tabla 15, revela que en la familia Chrysopidae, Coccinellidae y Apidae, los contrastes demostraron diferencias significativas entre los tratamientos a 1 y 14 dda. En Reduviidae, los contrastes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> no fueron significativos a 1 dda, pero sí lo fueron C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>; a los 14 dda, C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> mostraron diferencias significativas, mientras que C<sub>2</sub> no lo evidencia.

En Syrphidae, C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> fueron significativos a 1 dda, pero no el C<sub>2</sub>; a los 14 dda, todos los contrastes lo fueron. En Vespidae, tanto a 1 como a 14 dda, C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> revelaron significación estadística, mientras que C<sub>2</sub> no evidenció diferencias significativas.

Estos resultados confirman que los acaricidas utilizados en favor de la entomofauna benéfica demostraron efectos diferentes. Los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> conservaron la población benéfica de insectos (Tamay y De La Cruz, 2019), Matrine favoreció la fauna benéfica (Zanardi et al., 2015) la alicina del extracto de ajos reduce tasas muy bajas de *P. persimilis* (Nour El-Deen & Abdallah, 2013). En cambio, *M. anisopliae* puede ser desfavorable para ácaros depredadores (Dogan et al., 2017), no obstante, en condiciones controladas no afectó significativamente a *Chrysoperla externa* (Castro-López y Martínez-Osorio, 2019).

**Tabla 15.** ANVA (p=0,05) de contrastes ortogonales para la 1ra evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.

Entomofauna	dda	Fuentes	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
			T <sub>0</sub> vs T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub> vs T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>
Chrysopidae	1	CM	8,45	10,1	32,7	50,0
		P-valor	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	14	CM	14,45	4,08	12,04	15,13
		P-valor	0,0003	0,0192	0,0006	0,0002
Reduviidae	1	CM	0,1	0,2	3,4	15,1
		P-valor	0,5007	0,3877	0,0025	<0,0001
	14	CM	3,61	0,02	4,17	4,50
		P-valor	0,0051	0,7993	0,0032	0,0024
Coccinellidae	1	CM	18,05	6,8	13,5	32,0
		P-valor	0,0001	0,006	0,0005	<0,0001
	14	CM	6,05	2,08	10,67	8,00
		P-valor	0,0176	0,006	0,0033	0,0082
Syrphidae	1	CM	3,2	1,3	5,0	21,1
		P-valor	0,0161	0,0959	0,0043	<0,0001
	14	CM	4,5	2,5	2,7	4,5
		P-valor	0,0026	0,0154	0,0133	0,0027
Vespidae	1	CM	4,1	0,8	18,4	21,1
		P-valor	0,0035	0,1448	<0,0001	<0,0001
	14	CM	4,05	0,75	9,38	6,13
		P-valor	0,0210	0,2757	0,0016	0,0068
Apidae	1	CM	7,81	6,02	12,04	36,13
		P-valor	0,0004	0,0011	0,0001	<0,0001
	14	CM	2,5	2,1	7,0	6,13
		P-valor	0,0038	0,0064	0,0001	0,0001

De acuerdo al resumen del ANVA de la tabla 16, el p-valor establece que la fuente bloques no distinguió significación estadística, mientras que entre tratamientos evidenció significación estadística. Los coeficientes de variabilidad reportados denotan confiabilidad y

precisión al momento de registrar el conteo de los insectos, asimismo, existe mayor homogeneidad de los datos en las familias Chrysopidae, Reduviidae y Apidae.

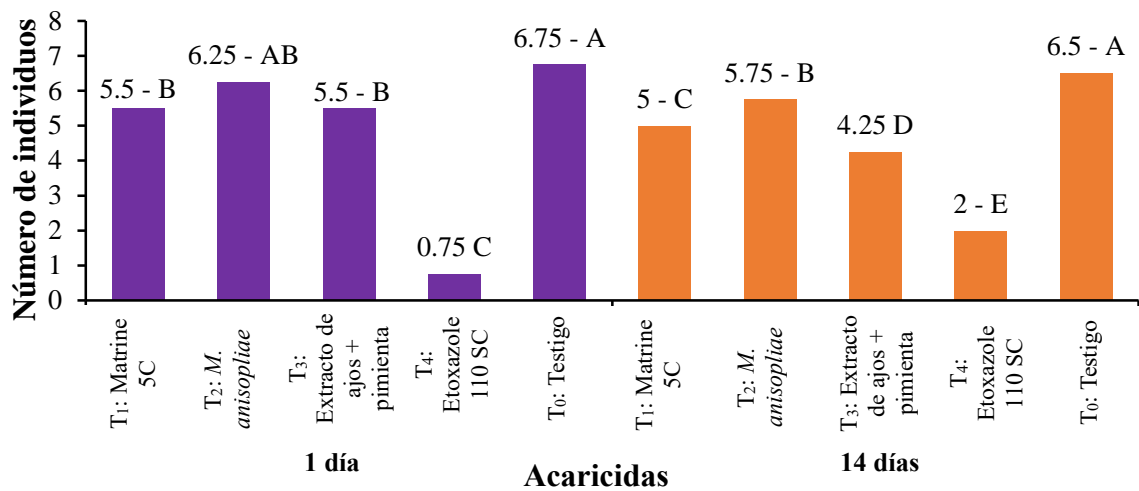
**Tabla 16.** ANVA ( $p=0,05$ ) para la 2da., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto

DDA	F.V.	Chrysopidae	Reduviidae	Coccinellidae	Syrphidae	Vespidae	Apidae	
1	Bloques	CM	0,45	0,40	0,33	0,05	0,93	0,80
		P-valor	0,3862	0,2761	0,7084	0,8348	0,1204	0,0675
	Tratamientos	CM	23,18	6,68	20,68	2,68	9,33	14,83
		P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001
	CV (%)	12,91	23,84	17,91	26,99	18,41	11,55	
	X	5,00	2,15	4,60	2,50	4,55	3,45	
14	Bloques	CM	0,2	0,07	0,18	0,18	0,53	0,27
		P-valor	0,3309	0,8348	0,7399	0,3213	0,2321	0,5368
	Tratamientos	CM	11,93	1,2	10,00	7,08	8,13	8,25
		P-valor	<0,0001	0,012	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	CV (%)	8,47	25,42	15,49	20,35	19	14,79	
	X	4,55	2,15	4,20	2,30	3,85	3,15	

CIFO (2024).

La Figura 45, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Chrysopidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) muestran diferencias significativas respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) respecto al tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda de la 2da. aplicación. Mamani (2019) reporta una alta diversidad de insectos benéficos en el cultivo de palto, aunque con pocos controladores biológicos efectivos. En cambio, Collantes y Rodríguez (2021) destacan la relevancia de depredadores como *Ceraeochrysa cincta* y *Harmonia axyridis* en la gestión integrada de plagas, sugiriendo que los tratamientos biológicos pueden mejorar el control de plagas y fomentar un manejo sostenible.

Sun et al. (2022) y Kowah et al. (2023) destacan las ventajas de Matrine como plaguicida con impacto prolongado, aunque menos potente que los químicos comerciales. Comparado con Etoxazole, que puede causar resistencia (Nauen & Smagghe, 2006), tratamientos como *Metarhizium anisopliae* y extractos vegetales como ajo + pimienta ofrecen eficacia y seguridad en el control de plagas, sin dañar depredadores benéficos (Tejeda et al., 2016; Scott et al., 2005).



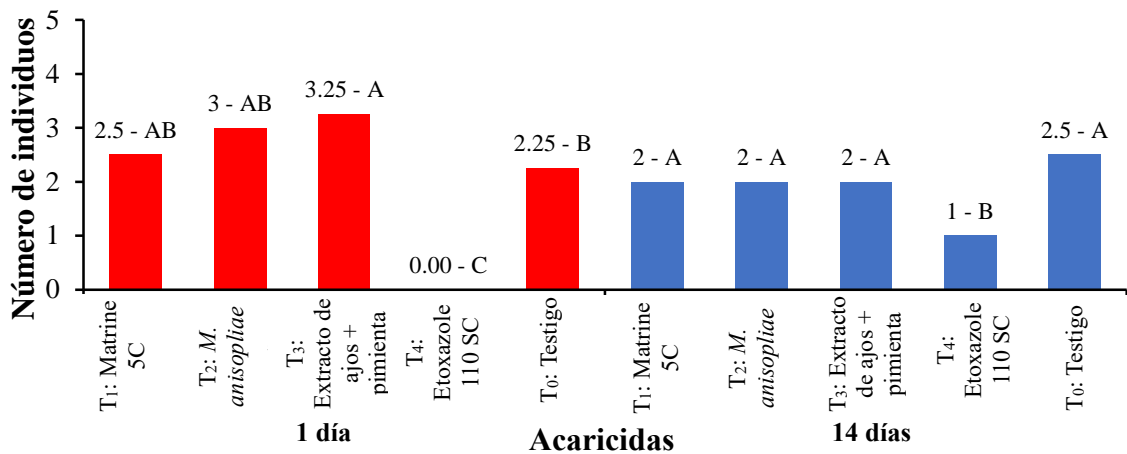
**Figura 45.** Promedios agrupados de la Familia Chrysopidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.

La Figura 46, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Reduviidae, en el cual se observa que los T<sub>1</sub> (Matrine), T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) muestran diferencias significativas respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) respecto al tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda de la 2da. aplicación. En particular, el tratamiento T<sub>3</sub> permitió un mayor número de insectos reduviidos. Este resultado es coherente con la literatura existente sobre el control biológico, donde la chinche *Anthocoris nemorum* puede evitar las superficies de las hojas inoculadas con el hongo *Beauveria bassiana* (Ormond et al., 2011).

Según Mamani (2019) y Collantes y Rodríguez (2021), los insectos depredadores son cruciales para el equilibrio ecológico en los cultivos de palto, y su eficacia puede verse afectada por los métodos de control empleados. La acción de los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> parece ofrecer un balance más favorable para los depredadores beneficiosos, en comparación con el Etoxazole, que se ha demostrado menos efectivo en ciertos contextos (Karmakar et al., 2014; Li et al., 2014).

En cuanto a los tratamientos, Matrine y *Metarhizium anisopliae* muestran ventajas en el control de ácaros y otras plagas, como se documenta en los estudios de Sun et al. (2022) y Ortiz-Urquiza y Keyhani (2013). La combinación de extractos de ajo y pimienta también se ha mostrado efectiva, con propiedades repelentes y tóxicas que afectan negativamente a los

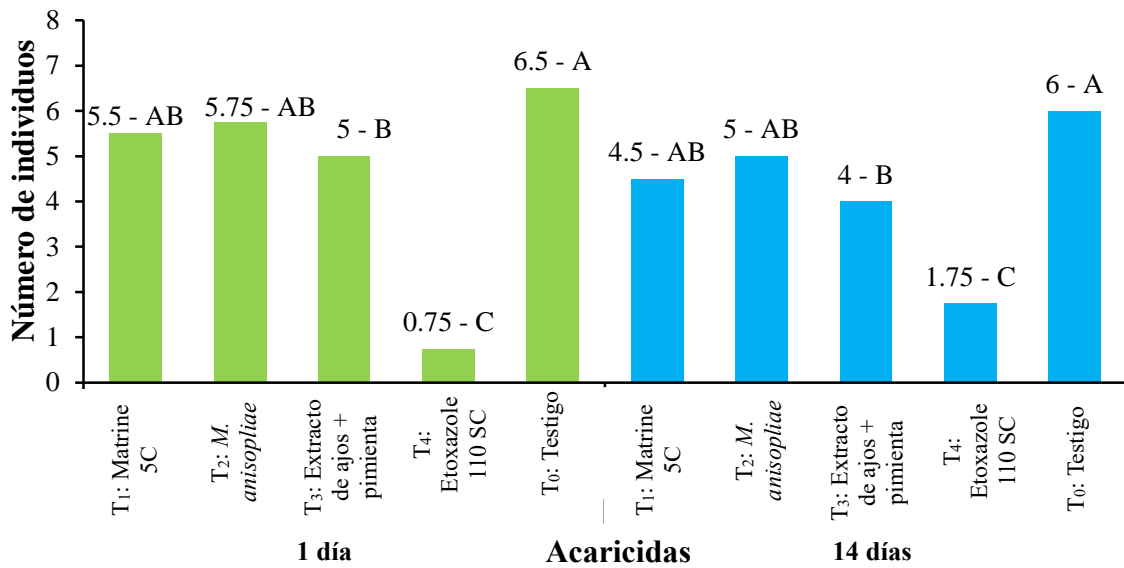
ácaros sin perjudicar tanto a los depredadores naturales (Serfi, 2024; Tejada et al., 2016). El Etoxazole, aunque efectivo, tiene un impacto limitado en los adultos y puede afectar negativamente la persistencia de los enemigos naturales (Nauen & Smagghe, 2006). En conjunto, estos hallazgos sugieren que las alternativas biológicas y los extractos naturales pueden ser más eficaces para mantener el equilibrio de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.



**Figura 46.** Promedios agrupados de la Familia Reduviidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.

La Figura 47, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Coccinellidae, en el cual se observa que los T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*), T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) muestran diferencias significativas respecto al T<sub>4</sub> (Etoxazole) respecto al tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole) a 1 y 14 dda de la 2da. aplicación, los cuales reportaron mayor número de coccinélidos presentes. Según Bayissa et al (2015) especies de Coccinellidae pueden evitar el consumo de pulgones infectados con hongos entomopatógenos, por lo que la virulencia del entomopatógeno puede ser menos perjudicial en adultos de coccinélidos.

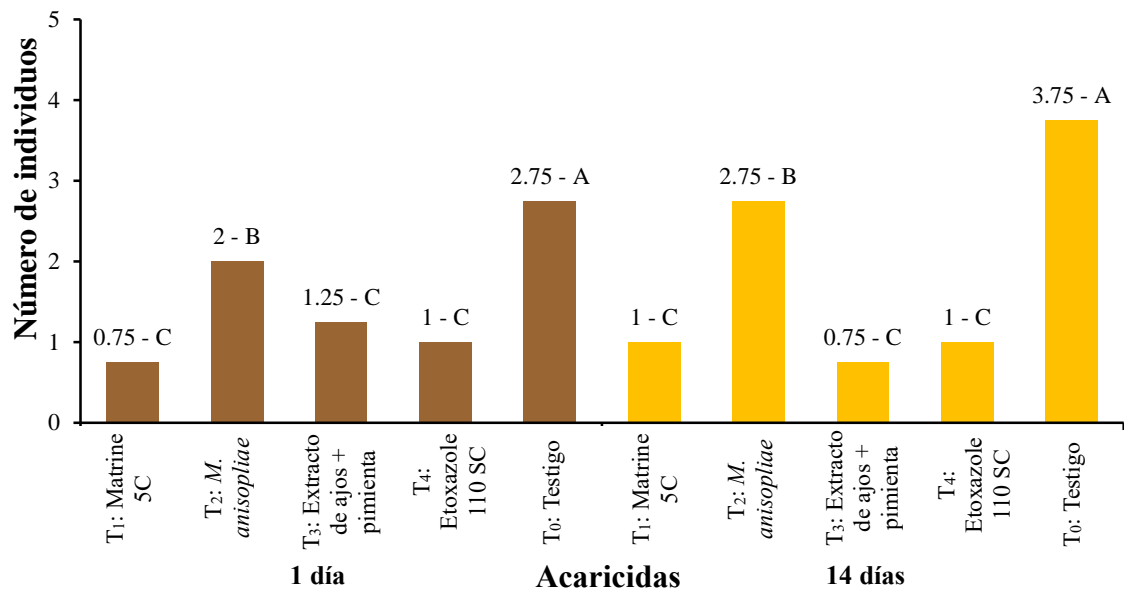
Por otro lado, el análisis de los acaricidas revela que Etoxazole, aunque efectivo contra ácaros inmaduros, no favorece a la entomofauna benéfica como los coccinélidos, a diferencia de los tratamientos basados en *M. anisopliae* y extractos naturales. El uso de Matrine y extractos de ajo + pimienta se alinea con las prácticas sostenibles recomendadas en la literatura, dado su menor impacto sobre los enemigos naturales y su capacidad para controlar plagas sin afectar negativamente la biodiversidad beneficiosa (Zanardi et al., 2015; Serfi, 2024).



**Figura 47.** Promedios agrupados de la Familia Coccinellidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.

La Figura 48, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Syrphidae, donde el tratamiento T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*) obtuvo un número de sírfidos huéspedes en palto (2,00) que representan diferencias significativas respecto a los tratamientos T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta), T<sub>4</sub> (Etoxazole) y T<sub>1</sub> (Matrine), siendo estos últimos quienes consiguieron un efecto similar a 1 y 14 dda de la 2da. aplicación. Esto respalda la efectividad del hongo entomopatógeno en la reducción de plagas, como evidenciado por Castro-López y Martínez-Osorio (2019), quienes mostraron que *M. anisopliae* no afectó negativamente a depredadores benéficos y fue eficaz contra el *Trialeurodes vaporariorum*. La capacidad del hongo para superar la cutícula de los insectos y colonizar su hemolinfa destaca su potencial como alternativa a pesticidas químicos (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013).

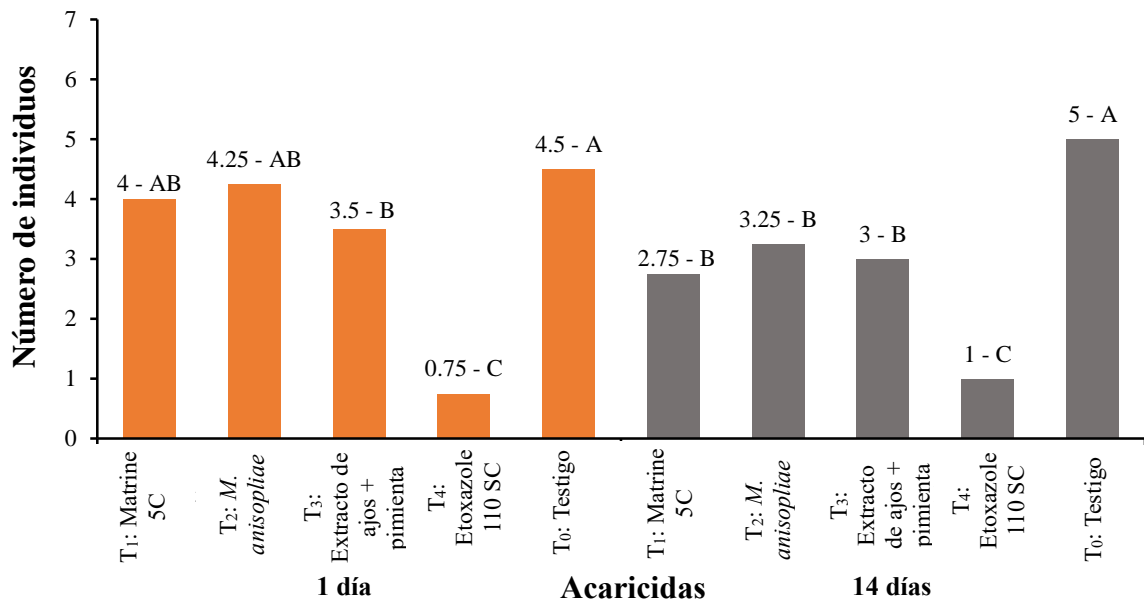
Estos hallazgos muestran que el uso de acaricidas específicos como *M. anisopliae*, Matrine, ajo + pimienta negra y Etoxazole es importante para proteger a los Syrphidae, que son buenos insectos para controlar las plagas. *M. anisopliae* generalmente ataca ciertas plagas, pero Matrine y los extractos de plantas naturales generalmente no afectan mucho a Syrphidae, aunque puede depender de la situación. El Etoxazole está destinado a combatir determinadas plagas, pero puede dañar a otros animales si no se utiliza correctamente.



**Figura 48.** Promedios agrupados de la Familia Syrphidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.

La Figura 49, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Vespidae, en el cual se observa que los T<sub>2</sub> (*M. anisopliae*), T<sub>1</sub> (Matrine) y T<sub>3</sub> (extracto de ajo + pimienta) quienes permitieron mayor número de avispa vespida, y son diferentes al T<sub>4</sub> (Etoxazole) respecto al tratamientos T<sub>4</sub> (Etoxazole), respecto a 1 y 14 dda de la 2da. aplicación. Este hallazgo destaca que los tratamientos basados en extractos naturales y biopesticidas logran ser más selectivos para los vespidos que el Etoxazole a 1 y 14 días después de la segunda aplicación.

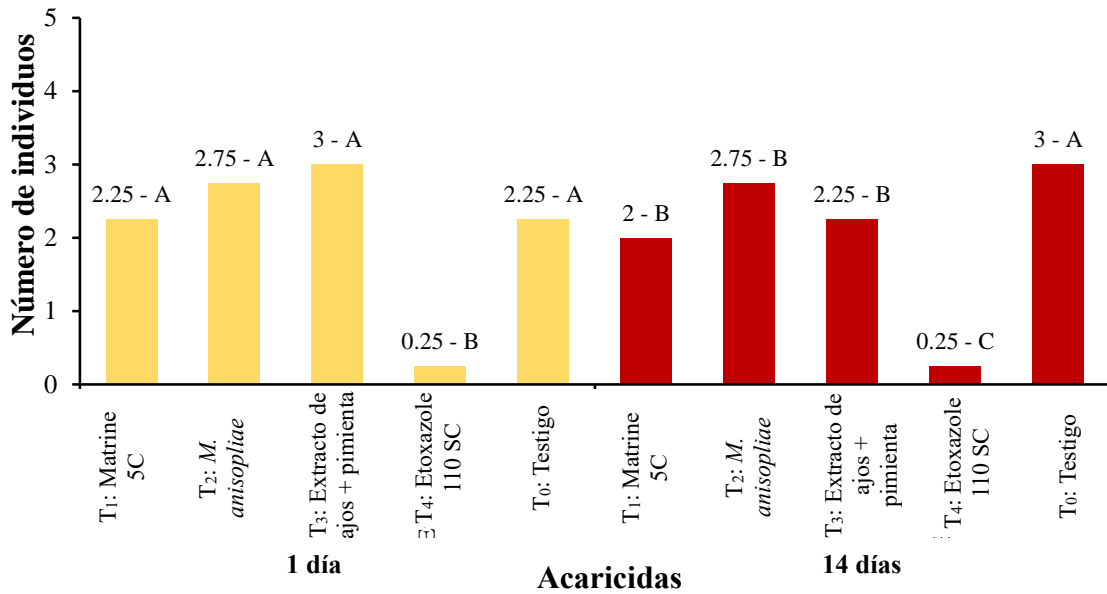
El uso de biopesticidas como *Metarhizium anisopliae*, Matrine y extracto de ajo + pimienta negra puede favorecer la presencia de avispa vespida, las cuales son importantes controladores biológicos. Según Xavier et al. (2015), aunque estos biopesticidas presentan toxicidad para organismos no objetivo, como las larvas de *Apis mellifera*, su impacto en depredadores beneficiosos como las avispa parece ser menor. Bayissa et al. (2015) también señalaron que el aislamiento de *M. anisopliae* es menos dañino para coccinélidos, sugiriendo que estos biopesticidas podrían integrarse en programas de manejo integrado de plagas sin comprometer la presencia de depredadores clave.



**Figura 49.** Promedios agrupados de la Familia Vespidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.

La Figura 50, denota los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5 % de error para la familia Apidae, en el cual se observa que los T3 (extracto de ajo + pimienta), T2 (*M. anisopliae*) y T1 (Matrine) albergaron mayor número de abejas, y fueron diferentes al T4 (Etoxazole) que obtuvo un promedio de 0,25 abejas a 1 y 14 dda de la 2da. aplicación. Este resultado está en línea con lo reportado por Karmakar et al. (2014), quienes observaron que la eficacia y selectividad de los biopesticidas depende de la dosis y de su aplicación correcta. Así también del aislado de donde se obtiene la cepa del entomopatógeno, como registra en Bayissa et al. (2015) y Butt et al (2016).

Además, estudios como el de Dogan et al. (2017) indican que la aplicación de *M. brunneum* con la liberación de ácaros depredadores puede ayudar a suprimir plagas sin afectar a polinizadores como las abejas. Xavier et al. (2015) advierten que, aunque algunos biopesticidas no son letales para abejas adultas, pueden tener efectos subletales en las larvas, subrayando la necesidad de una evaluación cuidadosa.



**Figura 50.** Promedios agrupados de la Familia Apidae por la prueba de LSD Fischer ( $p=0,05$ ) para número de individuos a los 1 y 14 días después de la 2da., aplicación.

La Tabla 17, resalta diferencias significativas entre evaluaciones en todas las comparaciones realizadas. El contraste  $C_1$  muestra que el número de individuos de varias familias benéficas en  $T_0$  difiere estadísticamente de los tratamientos restantes a 1 y 14 días después de la aplicación. En el  $C_2$ , la entomofauna de  $T_1$  difiere significativamente de la de  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  en ambas evaluaciones, excepto para Vespidae a los 14 días. En  $C_3$ , la entomofauna benéfica de  $T_2$  difiere significativamente de la de  $T_3$  y  $T_4$  en ambas evaluaciones. El contraste  $C_4$  entre  $T_3$  y  $T_4$  indica diferencias significativas en la entomofauna de las familias, excepto en Syrphidae, donde no se observaron diferencias a 1 y 14 días después de la aplicación. Estos resultados destacan la influencia de los diferentes tratamientos en la composición de la entomofauna benéfica en el agroecosistema evaluado.

Los acaricidas usados en el estudio muestran un efecto distinto entre ellos respecto a la entomofauna benéfica, el cual evidencia mayormente el efecto indirecto de los acaricidas  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$ , ya que fueron distintos al  $T_0$  (testigo), porque todos estos tratamientos están en la posibilidad de emplearse conjuntamente con depredadores insectos y ácaros, tal como se evidencian en los estudios de Niu et al. (2014), Dogan et al. (2017) y Kowah et al. (2023).

**Tabla 17.** ANVA ( $p=0,05$ ) de contrastes ortogonales para la 2da., evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto.

Entomofauna	dda	Fuentes	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
			T <sub>0</sub> vs T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> vs T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub> vs T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub> vs T <sub>4</sub>
Chrysopidae	1	CM	16,2	5,3	26,0	45,1
		P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	14	CM	16,2	16,2	3	18,38
		P-valor	<0,0001	<0,0001	0,0009	<0,0001
Reduviidae	1	CM	16,2	3,0	18,4	10,1
		P-valor	<0,0001	0,0009	<0,0001	<0,0001
	14	CM	1,8	0,33	0,67	2,00
		P-valor	0,0167	0,2551	0,1168	0,0127
Coccinellidae	1	CM	16,2	8,3	22,0	36,1
		P-valor	0,0004	0,005	0,0001	<0,0001
	14	CM	15,31	2,52	12,04	10,13
		P-valor	0,0001	0,0328	0,0002	0,0004
Syrphidae	1	CM	7,2	1,3	2,0	0,1
		P-valor	<0,0001	0,0173	0,0051	0,4146
	14	CM	18,1	0,8	9,4	0,13
		P-valor	<0,0001	0,0401	<0,0001	0,3661
Vespidae	1	CM	6,1	4,1	12,0	15,1
		P-valor	0,002	0,0072	0,0001	<0,0001
	14	CM	20,0	0,33	4,17	8,0
		P-valor	<0,0001	0,3312	0,0038	0,0003
Apidae	1	CM	3,6	9,2	18,4	28,1
		P-valor	0,0028	0,0001	<0,0001	<0,0001
	14	CM	15,3	1,0	4,2	12,5
		P-valor	<0,0001	0,1134	0,0048	0,0001

Las familias Chrysopidae, Reduviidae, Coccinellidae, Syrphidae y Vespidae, identificadas en los árboles de palto variedad Hass, fueron registrados como parte de los insectos depredadores benéficos y la familia Apidae como polinizadores en Mamani (2019) y, Collantes y Rodríguez (2021), por lo que puede estar relacionado, debido a que las familias Coccinellidae y Chrysopidae son depredadores de ácaros, especialmente las especies de *Stethorus* sp, *Stethorus tridens*, *Ceraeochrysa cincta* y *Chrysoperla externa* (Guanilo y Martínez, 2007). Este hallazgo subraya la importancia de seleccionar tratamientos que fomenten la presencia de entomofauna benéfica.

## V. CONCLUSIONES

1. En cuanto a la densidad poblacional de *O. punicae*, los acaricidas de última generación utilizados en el trabajo de investigación, demostraron efecto significativo durante las evaluaciones realizadas. Se pudo demostrar que el acaricida sintético Etoxazole redujo la densidad de ninfas y adultos de manera eficaz. De efecto similar ocurrió con *Metarhizium anisopliae*, el cual también logró reducir progresivamente la densidad de ninfas y adultos.
2. El acaricida sintético Etoxazole logró reducir la infestación en grado 2 en la 1ra., y 2da., evaluación; en grado 1 en la 5ta., y 6ta., evaluación. En cambio, *Metarhizium anisopliae* disminuyó de forma gradual la infestación hasta alcanzar el grado 1 en la 4ta., evaluación y grado 2 en la 8va., evaluación. Matrine y Extracto de ajo + pimienta tuvieron el mismo comportamiento, pero no lograron reducir la infestación por debajo del grado 3.
3. La mayor eficacia se logró con la aplicación del acaricida sintético Etoxazole, registrando más del 80 % de eficacia de control en la 1ra., 2da., y 6ta., evaluación, y de 90 % en la 5ta., evaluación en ninfas y adultos de *O. punicae*. Por otro lado, con *M. anisopliae* se consiguió una eficacia de control superior al 70 % en la 3ra., 4ta., 7ma., y 8va., evaluación para ninfas y adultos de *O. punicae*. En cambio, Matrine y Extracto de ajo + pimienta mostraron una eficacia de control por debajo del 70 %.
4. Los acaricidas con menor impacto en la entomofauna benéfica (insectos depredadores y polinizadores) fueron Matrine, *M. anisopliae* y Extracto de ajo + pimienta, debido a que tuvieron una población similar de individuos comparado con el testigo.
5. El acaricida sintético Etoxazole tuvo un efecto perjudicial significativo sobre la entomofauna benéfica (insectos depredadores y polinizadores)

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Efectuar un seguimiento a largo plazo sobre el efecto de los acaricidas biológicos en la población de ácaros fitófagos y en la entomofauna benéfica. Esto permitirá comprender mejor su impacto en el agroecosistema.
2. Dado que se observaron diferencias en la respuesta de la entomofauna benéfica a los diferentes tratamientos, sería necesario explorar estrategias de control biológico más específicas. Esto podría generar el desarrollo del manejo integrado de plagas aprovechando al máximo el potencial de los organismos benéficos.
3. Realizar mayores trabajos de investigación usando plaguicidas biológicos para minimizar en el futuro el uso de pesticidas sintéticos contaminantes.
4. Realizar estudios específicos sobre residuos tóxicos en los frutos del palto, debido a que es un alimento de mucha demanda nacional e internacional.

## VII. REFERENCIAS

- Alata, J. (1973). *Lista de insectos y otros animales dañinos a la agricultura en el Perú*. (C. R. Agraria, Ed.) La Molina, Lima: Ministerio de Agricultura.
- Álvarez, L. A. (2020). *Efectividad biológica de tres plaguicidas en el control de Oligonychus punicae en aguacate de Coatepec Harinas, Estado de México*. [Tesis pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. En Repositorio Institucional-UAEM. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3319>
- Bayissa, W., Ekesi, S., Mohamed, S. A., Kaaya, G. P., Wagacha, J. M., Hanna, R. & Maniania, N. K. (2015). Interactions among vegetable infesting aphids, the fungal pathogen *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) and the predatory coccinellid *Cheilomenes lunata* (Coleoptera: Coccinellidae), *Biocontrol Science and Technology*, 26 (2): 1-30. DOI: 10.1080/09583157.2015.1099148
- Bernal, J., y Díaz, C. (2005). Generalidades del cultivo. En J. Bernal, & C. Díaz (Eds.), *Tecnología para el cultivo del aguacate* (pp. 10 - 83). Produmedios.
- Bugeme, D. M., Knapp, M., Boga, H. I., Ekesi, S. & Maniania, N. K. (2014). Susceptibility of developmental stages of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) to infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 34(3). 190–196. Doi:10.1017/S1742758414000381
- Butt, T. M., Coates, C. J., Dudovskiy, I. M., & Ratcliffe, N. A. (2016). Entomopathogenic Fungi: New Insights into Host-Pathogen Interactions. *Advances in Genetics*, 307–364. Doi: 10.1016/bs.adgen.2016.01.006
- Castro-López, M. A. y Martínez-Osorio, J. W. (2019). Compatibilidad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con *Chrysoperla externa* depredador de *Trialeurodes vaporariorum*. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.*, 35(1):38-48. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000104>
- Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of avocado (*Persea americana* Mill.): a review. *Exp. Agric.*, 49(2): 256-278. DOI: 10.1017/S0014479712001317

- Cisneros, F. (1995). *Principios del control de plagas agrícolas* (2ª ed.). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cloyd, R. A. (2020). Indirect effects of pesticides on natural enemies. En R. P. Soundararajan. *Pesticides – advances in chemical and botanical pesticides*. (pp. 127-150). InTech. <https://www.researchgate.net/publication/355942879>
- Collantes, R. D. y Rodríguez, A. R. (2021). Insectos y arácnidos depredadores asociados a aguacate (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus unchiu* Marc.; *Citrus reticulata* Blanco) en Cañete, Lima, Perú. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 3(2).2644-3856 <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/2222844002/index.html>
- Dekeyser, M. A. (2005). Review: Acaricide mode of action. *Pest Management Science*, 61. 103-110. DOI: 10.1002/ps.994
- Deza-Deza, G. y Pinna-Cabrejos, J. (2023). Contenido de clorofila en hojas de palto con diferentes niveles poblacionales de *Oligonychus punicae* Hirst y su impacto en el rendimiento. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*, 26 (2e):2370. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n2.2023.2370>
- Dogan, Y. O., Hazir, S., Yildiz, A., Butt, T. M. & Cakmak, I. (2017). Evaluation of entomopathogenic fungi for the control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and the effect of *Metarhizium brunneum* on the predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Biological Control*, 111. 6–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.05.001>
- El Sherif, D. F., El-Sayed, A. M. Safar, S. H. M. (2024). Efficacy of *Metarhizium anisopliae* biopesticide compared with two chitin synthesis inhibitors Hexythiazox and Etoxazole in *Tetranychus urticae* Koch management. *Egypt. Acad. J. Biolog. Sci. (F. Toxicology & Pest control)*, 16(1). 1-13. Doi: 10.21608/EAJBSF.2024.338614
- Escobedo, J. (2016). Eficiencia de tres productos químicos sobre poblaciones del acaro marrón *Oligonychus punicae* Hirst (Acari tetranychidae) en palto variedad Hass, en Chao, La Libertad. [Tesis pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. En repositorio institucional-UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2424>
- González-Pariona, F. J., Jacobo-Salinas, S. S., Valverde-Rodríguez, A. (2020). Efectividad de *Bacillus* sp y caolín en el control de *Oligonychus yothersi* (McGregor) en el cultivo del palto. *Manglar*, 17(3): 233-238. Doi: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.034>

- Guanilo, A. D. y Martínez, N. (2007). Predadores asociados a *Panonychus citri* Mcgregor (Acari: Tetranychidae) en la costa central del Perú. *Ecol. apl.* 6 (1,2): 117 – 129. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a14v6n1-2.pdf>
- Gutiérrez, V. (2012). *Diseño de Manejo integrado de plagas para el control de arañita marrón (Oligonychus punicae Hirst) en Persea americana Mill. en Chao - La Libertad en el 2012*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. En repositorio institucional-UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7641>.
- Habashy, M. G. (2018). Toxicological effects of garlic bulbs aqueous extract on two *Tetranychid* mites (Acari: Tetranychidae). *J. Plant Prot. and Path.*, 9 (1), 1 – 7. DOI: 10.21608/jppp.2018.35803
- Han, J., Zhang, S., He, J. & Li, T. (2023). Piperine: Chemistry and Biology. *Toxins*, 15(12), 696. <https://doi.org/10.3390/toxins15120696>
- Herrera, T. A. (2016). *Evaluación de cuatro acaricidas en el control de Oligonychus punicae en Persea americana Mill cv. Hass en Zaraque, Virú, La Libertad*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. En repositorio institucional-UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7472>
- Hurtado, E., Fernández, A., & Carrasco, A. (2018). Avocado fruit *Persea americana*. En S. Rodríguez, E. De Oliveira, & E. Sousa (Edits.), *Exotics fruits* (págs. 37-48). London: Academic Press.
- Imbachi, K., Estrada, E. G., Equihua, A. y Mesa, N. C. (2017). Biología de *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae) en *Persea americana* CV. Hass en condiciones de laboratorio. *Fitosanidad*, 21(2). 81-87. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209157224005.pdf>
- Karmakar, K., Pranab, D. & Sandip, P. (2014). Etoxazole: A new novel acaricide molecule for effective management of tea red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Nietner). *Res. on Crops*, 15 (3): 662-669. Etoxazole: A new novel acaricide molecule for effective management of tea red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Nietner).
- Kerguelen, V. & Hoddle, M. S. (2000). Comparison of susceptibility of several cultivars of avocado of the *Persea* mite *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). *Scientia Horticulturae*. 84: 101–114. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00103-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00103-X)

- Kowah, J. A. H., Gao, R., Li, F., Guang, C., Jiang, M., Wu, X., Wang, L. & Liu, X. (2023). Matrine family derivatives: Synthesis, reactions procedures, mechanism, and application in medicinal, agricultural, and materials chemistry. *European Journal of Medicinal Chemistry Reports*, 7. 100098. <https://doi.org/10.1016/j.ejmcr.2022.100098>
- Lara-Vázquez, F., Ramírez-Dávila, J. F., Figueroa-Figueroa, D. K., Tapia-Rodríguez, A. & González-Huerta, A. (2018). *Florida Entomologist*, 106(4), 211-219. <https://doi.org/10.1653/024.106.0402>
- Lemus, B. A. y Pérez, D. A. (2016). Control químico del ácaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae). *Entomología mexicana*, 3: 349–353. <https://www.acaentmex.org/entomologia/revista/2016/EA/Em%20349-353.pdf>
- Lemus-Soriano, B. A. (2017). *Manejo integrado de ácaros del aguacate*. Serie Frutales, 30. Artículos técnicos INTAGRI. <https://n9.cl/0pg16>
- León, O. A. (2003). *Estudio de los parámetros de vida de Oligonychus yothersi McGregor (Acarina: Tetranychidae) en dos cultivares de palta (Persea americana Mill.), Hass y Fuerte*. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. En repositorio institucional-UAC. <http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/77153>
- León, J. M. (2016). *Poder residual de algunos plaguicidas utilizados en el cultivo de palta (Persea americana Mill.) sobre Amblyseius chungas y Neoseiulus californicus (Acari: Phytoseiidae)*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. En repositorio institucional- UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2003>
- León-Castillo, Y. H. (2023). *Eficacia de acaricidas de uso comercial para el control de araña marrón (Oligonychus punicae Hirst) en palto (Persea americana Mill.) Virú*. [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. En repositorio institucional-USP. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/21580>
- Li, Y., Yang, N., Wei, X., Ling, Y., Yang, X. & Wang, Q. (2014). Evaluation of Etoxazole against insects and acari in vegetables in China. *Journal of Insect Science*, 14(104). Available online: <http://www.insectscience.org/14.104>
- Llanos-Sánchez, L. Y. (2019). *Manejo integrado de Oligonychus punicae Hirst en Persea americana Mill en San José, Chao, La Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. En repositorio institucional-UNT. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/13483>

- Londoño, M. E. (2005). Insectos. En J. Bernal, & C. Díaz (Edits.), *Tecnología para el cultivo del aguacate* (pp. 119 - 154). Produmedios.
- López, E. (1998). *Manejo integrado de plagas del palto*. Sociedad Gardiazábal y Magdahl. Seminario Internacional de paltos. 105-119 p
- Mamani, T. J. (2019). *Diversidad taxonómica y grupos funcionales de la fauna insectil en los cultivos de Persea americana Mill. Manguifera indica L. y Annona cherimola Mill. Del agroecosistema del CIFO - UNHEVAL 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. En repositorio institucional-UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/4865>
- Min, L., Sun, Z., Li, S., Zhang, S. & Xu, H. (2020). Non-food bioactive products for insecticides (II): Investigation on stress responses of *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval against a derivative of the alkaloid Matrine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 30: 127346. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127346>
- MIDAGRI. (15 de mayo de 2024). Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector. <https://n9.cl/kwj18>
- Montana. (14 de mayo de 2024). Ficha técnica de Greenex Ultra. <https://www.corpmontana.com/wp-content/uploads/2018/04/GREENEX.pdf>
- Murillo-López, A. (30 de junio – 2 de julio de 2010). *Las alternativas químicas recientes para el manejo de ácaros en cultivos de flores para exportación*. [Memorias de Congreso] XXXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34407>
- Mushtaq, H. M. S., Alatawi, F. J., Kamram, M. & Wenzel, C. H. (2021). The genus *Oligonychus* Berlese (Acari, Prostigmata, Tetranychidae): taxonomic assessment and a key to subgenera, species groups, and subgroups. *ZooKeys* 1079: 89–127. Doi: 10.3897/zookeys.1079.75175
- Nauen, R. & Smagghe, G. (2006). Rapid report mode of action of Etoxazole. *Pest Manag Sci* 62:379–382. Doi: 10.1002/ps.1192
- Niu, Z. M., Yu, L. & Bi, J. L. (2014). Efficacy of selected acaricides against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberries in greenhouse production. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(1). 235-243.

[http://www.ijair.org/administrator/components/com\\_jresearch/files/publications/IJAIR\\_815\\_Final.pdf](http://www.ijair.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJAIR_815_Final.pdf)

- North American Plant Protection Organization [NAPPO] (2014). *Morphological identification of spider mites (Tetranychidae) affecting imported fruits*. IPPC Community. FAO. <https://n9.cl/36n2v>
- Nour El-Deen, M. E. M. & Abdallah, A. A. M. (2013). Effect of different compounds against *Tetranychus urticae* Koch and its predatory mite *Phytoseiulus persimilis* A.H. under laboratory conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(6): 3965-3973. <https://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2013/3965-3973.pdf>
- Ormond, E. L., Thomas, A. P. M., Pell, J. K., Freeman, S. N. & Roy, H. (2011). Avoidance of a generalist entomopathogenic fungus by the ladybird, *Coccinella septempunctata*. *Microbiology Ecology*, 77(2), 229–237. DOI:10.1111/j.1574-6941.2011.01100.x
- Ortiz-Urquiza, A. & Keyhani, N. (2013). Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects*, 4. 357-374. Doi:10.3390/insects4030357
- Parco, J. (2019). *Efecto de entomopatógenos en el control de ácaros (Oligonychus sp.) en el cultivo de palto (Persea americana Mill) en CIFO - UNHEVAL, 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. En repositorio institucional-UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/4992>
- Peña, J. y Wysoki, M. (2008). Plagas en Israel, México, Estados Unidos, Centroamérica y Perú. En R. Ripa y P. Larral (eds). *Manejo de plagas en paltos y cítricos* (pp. 293-364). Colección INIA.
- Preisser, R. H., Anderson, T. D., Demares, F., Bloomquist, J. R. & Gerrard, D. E. (2018). Acaricidal effects of fresh garlic juice on adult ham mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank). *Journal of Stored Products Research*, 79: 73-78. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.09.004>
- ProCitrus. (2011). *Metodología de crianza de controladores biológicos en Perú*. Boletín Informativo de ProCitrus

- Reyes, J; Mesa, N. 2011. Biología de *Oligonychus yothersi* (Mcgregor) (Acari: Tetranychidae) sobre Aguacate *Persea americana* Mill. Cv. Lorena. *Caldasia*, 33(1):211-220  
<http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v33n1/v33n1a13.pdf>
- Rojas, S. (1981). La arañita del palto y del chirimoyo; problemas. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*, 4. 16-17. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/37208>
- Serfi. (23 de mayo de 2024). Ficha técnica Mitekill. <https://serfi.pe/producto/mitekill/>
- Servicio Agrícola y Ganadero [SAG]. (2022). *Protocolos de eficacia de productos microbianos de control de plagas*. Ministerio de Agricultura de Chile. <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/d-ris-rai-pa-004-protocolos-eficacia-pmcp-v01-final3-ok.pdf>
- Scott, I. M., Gagnon, N., Lesage, L., Philogène, B. J. R., & Arnason, J. T. (2005). Efficacy of botanical insecticides from *Piper* species (Piperaceae) extracts for control of european chafer (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Economic Entomology*, 98 (3): 845–855. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.3.845>
- Scott, I. M., Jensen, H. R., Philogène, B. J. R., & Arnason, J. T. (2007). A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochemistry Reviews*, 7(1), 65–75. DOI:10.1007/s11101-006-9058-5
- Singh, J. (2022). Efficacy of acaricides against phytophagous mites in apple. *Indian Journal of Entomology*, 84(1): 152-155. DOI.: 10.55446/IJE.2021.293
- Soto, A., Moreira, M. D. y Pallini, A. (2011). Análisis de la composición química de la cutícula de *Tetranychus evansi* Backer & Pritchard y de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 15 (2): 171 – 190. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/4617>
- Sun, X. Y., Jia, L. Y., Rong, Z., Zhou, X., Cao, L. Q., Li, A. H., Guo, M., Jin, J, Wang, Y. D., Huang, L., Li, Y.H., He, Z. J., Li, L., Ma, R.K., Lv, Y. F., Shao, K. K., Zhang, J. y Cao, H. L. (2022). Research Advances on Matrine. *Front. Chem.*, 10:867318. Doi: 10.3389/fchem.2022.867318
- Sun, W., Liao, A., Lei, L., Tang, X., Wang, Y. & Wu, J. (2024). Research progress on piperidine-containing compounds as agrochemicals. *Chinese Chemical Letters*. Pre-Proof. <https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2024.109855>

- Tamay, S. Y. y De La Cruz, B. (2019). *Productos biológicos y su efecto en el control de Oligonychus punicae (Acari: Tetranychidae) en el cultivo de palto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. En repositorio institucional-UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4963>
- Tejeda, M., Solís, J., Díaz, J., Peláez, A., Ayvar, S. y Mena, A., (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología Agrícola*, 3: 391 – 394 pp. <http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2016/EA/Em%20391-395.pdf>
- Teliz, D. (2007). *El aguacate y su manejo Integrado*. Mundi Prensa. <https://www.agapea.com/libros/Aguacate-y-su-manejo-integrado-El-9789687462431-i.htm>
- Vásquez, C., Aponte, O., Morales, J., Sanabria, M. E. y García, G. (2008). Biological studies of *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) on grapevine cultivars. *Exp Appl Acarol.*, 45:59–69. DOI 10.1007/s10493-008-9154-x
- Wasuwan, R., Phosrithong, N., Promdonkoy, B., Sangsrakru, D., Sonthirod, C., Tangphatsornruang, S., Likhitrattanapisal, S.; Ingsriswang, S., Srisuksam, C., Klamchao, K., et al. (2022). The fungus *Metarhizium* sp. BCC 4849 Is an effective and safe mycoinsecticide for the management of spider mites and other insect pests. *Insects*, 13, 42. <https://doi.org/10.3390/insects13010042>
- Whiley, A., Schaffer, B., & Wolstenholme, B. (2007). *El palto: botánica, producción y usos*. (U. d. Valparaíso, Ed.) Chile: CABI Publishing.
- Xavier, V. M., Message, D., Picanco, M. C., Chediak, M., Santana, P. A., Ramos, R., Martins, J. C. (2015). Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees. *J. Insect Sci.*, 15(1): 137; DOI: 10.1093/jisesa/iev110
- Zanardi, O. Z., do Prado, L., Ansante, T. F., Silva, M., Pavan, G., Takao, P., Vendramim, J. D. (2015). Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. *Crop Protection*, 67. 160e167. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.010>

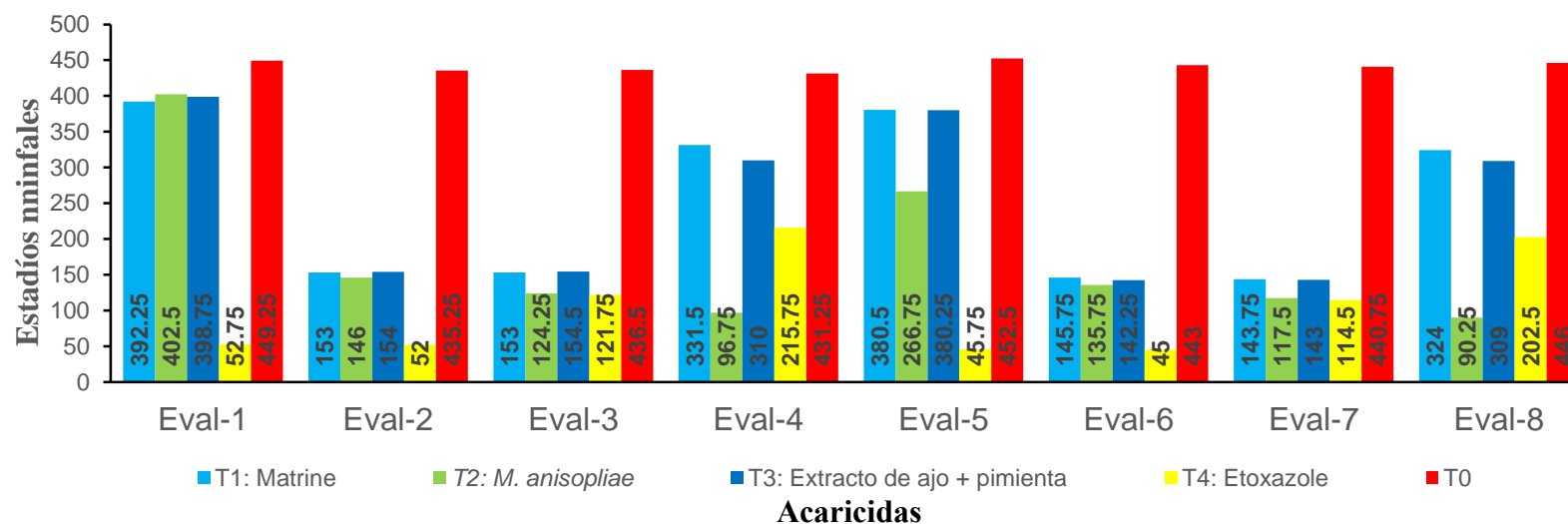
## **ANEXOS**

**Tabla 18.** Registro de la densidad poblacional de ninfas y adultos de *O. punicae* en árboles de palto variedad Hass, CIFO, 2024

Bloques	Tratamientos	Densidad poblacional de Ninfas										Densidad poblacional de Adultos							
		PRE EVAL	Eval- 1	Eval- 2	Eval- 3	Eval- 4	Eval- 5	Eval- 6	Eval- 7	Eval- 8	PRE EVAL	Eval- 1	Eval- 2	Eval- 3	Eval- 4	Eval- 5	Eval- 6	Eval- 7	Eval- 8
1	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	479	383	156	146	336	376	145	138	296	479	411	155	152	336	384	144	144	341
1	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	476	386	144	145	96	268	133	118	87	476	430	137	124	101	271	136	116	98
1	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	481	393	153	155	308	384	134	143	307	481	403	155	153	319	387	145	146	316
1	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	470	55	53	140	220	47	45	113	205	470	57	57	117	224	44	45	113	172
1	T <sub>0</sub> : testigo	475	459	434	432	437	456	442	441	438	475	474	446	443	462	461	445	450	434
2	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	479	398	154	154	324	378	146	146	332	479	405	153	158	329	389	148	146	342
2	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	479	412	147	119	101	260	140	117	90	479	442	147	122	104	269	128	124	100
2	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	472	411	155	153	313	383	144	143	313	472	404	157	158	311	376	144	143	320
2	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	481	54	48	113	218	43	45	114	203	481	54	50	113	221	47	44	118	207
2	T <sub>0</sub> : testigo	477	449	442	439	433	452	446	443	448	477	460	454	442	456	447	439	440	451
3	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	483	396	154	156	332	381	147	145	330	483	426	155	153	303	411	142	143	337
3	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	481	407	147	119	95	271	136	117	95	481	420	144	129	104	262	136	118	99
3	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	476	396	153	153	308	383	146	144	308	476	398	156	158	311	376	146	137	316
3	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	478	53	52	115	212	47	46	116	204	478	53	58	119	229	45	45	124	207
3	T <sub>0</sub> : testigo	474	446	437	440	421	452	440	437	449	474	458	448	443	460	447	442	438	448
4	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	481	392	148	156	334	387	145	146	338	481	423	150	152	345	390	146	146	338
4	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	484	405	146	114	95	268	134	118	89	484	421	146	124	105	272	134	121	93
4	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	477	395	155	157	311	371	145	142	308	477	408	155	157	312	372	145	147	315
4	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	488	49	55	119	213	46	44	115	198	488	53	47	119	232	48	48	116	203
4	T <sub>0</sub> : testigo	482	443	428	435	434	450	444	442	449	482	462	451	440	450	461	442	438	455

**Tabla 19.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *O. punicae*.

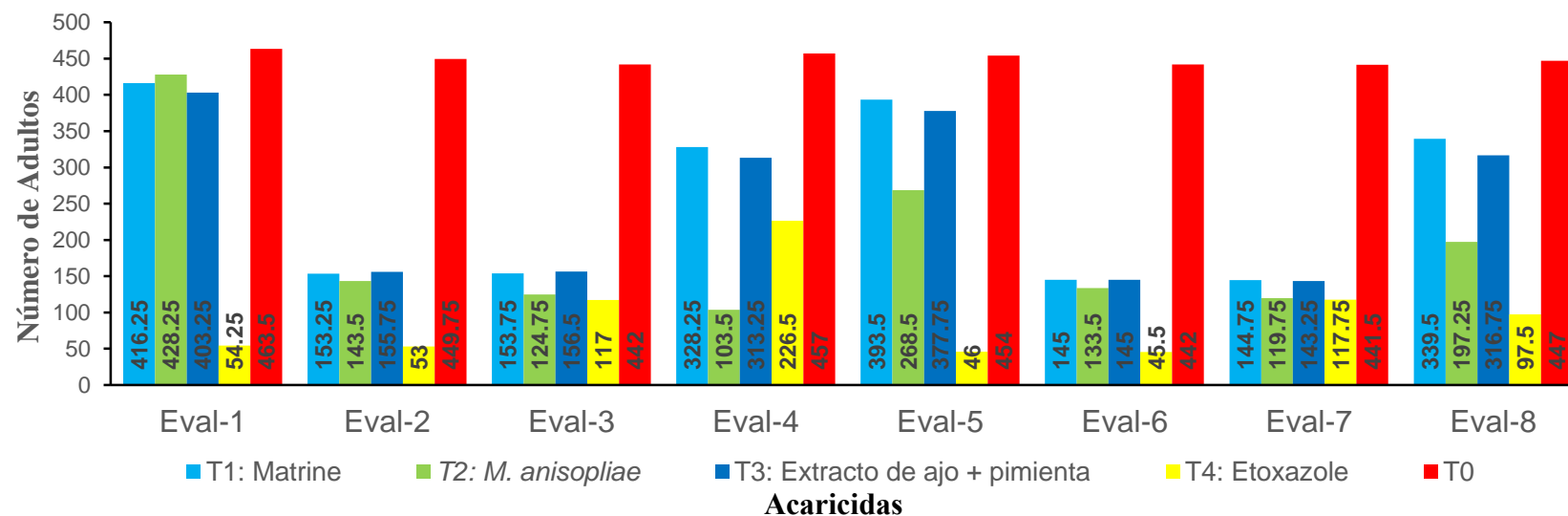
Densidad poblacional de ninfas					
Evaluaciones	T1: Matrine	T2: <i>M. anisopliae</i>	T3: Extracto de ajo + pimienta	T4: Etoxazole	T0
Eval-1	392.25	402.5	398.75	52.75	449.25
Eval-2	153	146	154	52	435.25
Eval-3	153	124.25	154.5	121.75	436.5
Eval-4	331.5	96.75	310	215.75	431.25
Eval-5	380.5	266.75	380.25	45.75	452.5
Eval-6	145.75	135.75	142.25	45	443
Eval-7	143.75	117.5	143	114.5	440.75
Eval-8	324	90.25	309	202.5	446



**Figura 51.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de estadios ninfales de *O. punicae*.

**Tabla 20.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *O. punicae*.

Densidad poblacional de adultos					
Evaluaciones	T <sub>1</sub> : Matrine	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	T <sub>4</sub> : Etoxazole	T <sub>0</sub>
Eval-1	416.25	428.25	403.25	54.25	463.5
Eval-2	153.25	143.5	155.75	53	449.75
Eval-3	153.75	124.75	156.5	117	442
Eval-4	328.25	103.5	313.25	226.5	457
Eval-5	393.5	268.5	377.75	46	454
Eval-6	145	133.5	145	45.5	442
Eval-7	144.75	119.75	143.25	117.75	441.5
Eval-8	339.5	197.25	316.75	97.5	447



**Figura 52.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad poblacional de adultos de *O. punicae*.

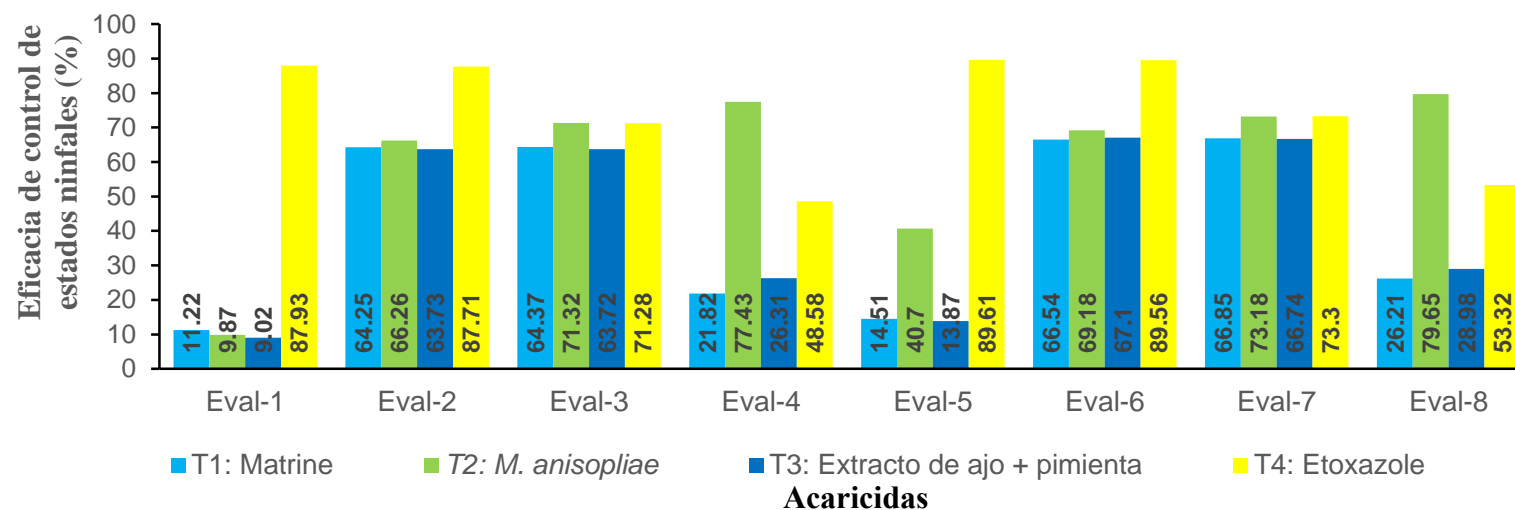


**Tabla 22.** Eficacia de control de ninfas y adultos de *O. punicae* en árboles de palto variedad Hass, CIFO, 2024

Bloques	Tratamientos	Eficacia de control de Ninfas								Eficacia de control de Adultos							
		Eval-1	Eval-2	Eval-3	Eval-4	Eval-5	Eval-6	Eval-7	Eval-8	Eval-1	Eval-2	Eval-3	Eval-4	Eval-5	Eval-6	Eval-7	Eval-8
1	T1: Matrine 5C	13,10	62,57	64,80	19,93	14,13	65,84	67,41	29,62	10,64	64,36	64,89	23,27	15,97	67,49	67,42	22,31
1	T2: <i>M. anisopliae</i>	14,11	66,11	65,72	77,56	39,97	69,27	72,67	79,71	5,92	68,30	71,18	76,79	40,32	69,10	73,59	77,53
1	T3: Extracto de ajo + pimienta	11,03	63,37	62,72	26,76	12,49	68,50	66,30	27,17	12,75	64,51	64,80	27,46	15,66	67,40	67,10	28,30
1	T4: Etoxazole 110 SC	87,44	87,20	66,03	47,23	89,20	89,33	73,14	50,94	87,37	86,64	72,46	47,87	90,19	89,65	73,94	60,06
2	T1: Matrine 5C	10,98	65,01	64,77	24,85	16,01	67,12	66,90	25,57	12,06	66,25	64,91	25,92	16,09	67,65	67,87	25,57
2	T2: <i>M. anisopliae</i>	8,04	66,67	72,83	76,62	42,35	68,54	73,53	79,87	4,03	67,58	72,91	76,58	41,98	72,02	72,71	78,24
2	T3: Extracto de ajo + pimienta	6,66	64,24	64,46	26,29	13,60	67,08	67,09	28,76	10,98	64,86	64,39	28,94	17,70	68,06	68,06	29,33
2	T4: Etoxazole 110 SC	87,84	89,02	73,98	49,11	90,38	89,80	73,99	54,20	88,32	89,02	75,01	50,45	89,90	90,42	74,14	55,14
3	T1: Matrine 5C	9,11	63,92	63,70	19,27	13,71	65,80	66,03	24,76	6,07	65,12	65,80	29,22	10,58	68,26	67,82	26,19
3	T2: <i>M. anisopliae</i>	8,74	66,36	72,95	77,43	40,04	69,09	73,23	78,84	7,00	67,46	71,05	75,61	42,76	69,48	73,33	78,23
3	T3: Extracto de ajo + pimienta	9,30	64,24	64,48	25,27	13,44	66,10	66,34	29,93	10,95	64,38	64,17	26,28	16,99	66,89	68,72	29,77
3	T4: Etoxazole 110 SC	87,73	87,71	73,01	48,00	89,26	89,20	72,59	53,08	88,19	86,81	73,12	45,95	90,11	89,84	71,80	54,19
4	T1: Matrine 5C	11,70	65,49	64,21	23,21	14,18	67,41	67,04	24,88	7,29	65,97	66,07	22,82	15,86	68,07	67,93	26,91
4	T2: <i>M. anisopliae</i>	8,58	65,89	73,79	78,11	40,44	69,82	73,30	80,18	8,30	67,09	72,50	76,66	41,68	70,88	73,59	80,01
4	T3: Extracto de ajo + pimienta	9,08	63,07	63,20	26,93	15,94	66,70	67,24	30,06	9,83	64,54	64,66	29,62	19,07	68,03	67,44	31,31
4	T4: Etoxazole 110 SC	88,72	86,90	72,11	49,96	89,58	89,90	73,47	55,04	88,55	89,49	73,82	48,84	89,79	89,65	74,89	56,73

**Tabla 23.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales de *O. punicae*.

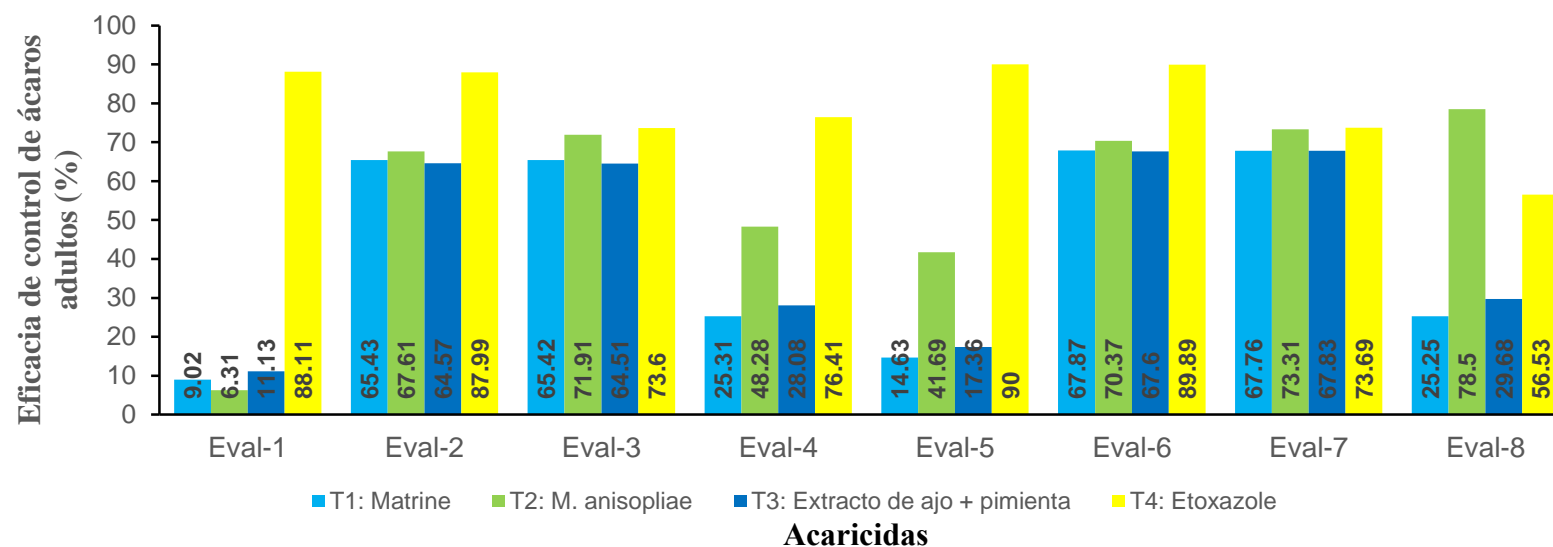
Eficacia de control de estadios ninfales				
Evaluaciones	T1: Matrine	T2: <i>M. anisopliae</i>	T3: Extracto de ajo + pimienta	T4: Etoxazole
Eval-1	11.22	9.87	9.02	87.93
Eval-2	64.25	66.26	63.73	87.71
Eval-3	64.37	71.32	63.72	71.28
Eval-4	21.82	77.43	26.31	48.58
Eval-5	14.51	40.7	13.87	89.61
Eval-6	66.54	69.18	67.1	89.56
Eval-7	66.85	73.18	66.74	73.3
Eval-8	26.21	79.65	28.98	53.32



**Figura 53.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de estadios ninfales de *O. punicae*.

**Tabla 24.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *O. punicae*.

Eficacia de control de adultos				
Evaluaciones	T <sub>1</sub> : Matrine	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	T <sub>4</sub> : Etoxazole
Eval-1	9.02	6.31	11.13	88.11
Eval-2	65.43	67.61	64.57	87.99
Eval-3	65.42	71.91	64.51	73.6
Eval-4	25.31	48.28	28.08	76.41
Eval-5	14.63	41.69	17.36	90
Eval-6	67.87	70.37	67.6	89.89
Eval-7	67.76	73.31	67.83	73.69
Eval-8	25.25	78.5	29.68	56.53



**Figura 54.** Resumen de promedios agrupados de las 8 evaluaciones por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de *O. punicae*.

**Tabla 25.** Entomofauna benéfica a 1 y 14 días de la 1ra. aplicación de los acaricidas.

Bloques	Tratamientos	Entomofauna benéfica a 1 día						Entomofauna benéfica a 14 días					
		Chry	Redv	Cocci	Syrp	Vesp	Apid	Chry	Redv	Cocci	Syrp	Vesp	Apid
1	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	6	2	6	3	4	5	5	2	5	3	4	4
1	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	7	3	5	4	5	6	4	3	4	3	5	4
1	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	5	3	4	3	4	6	5	2	4	2	4	3
1	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	1	0	1	0	1	1	2	0	2	1	2	1
1	T <sub>0</sub> : testigo	7	2	5	3	5	6	6	3	6	4	5	4
2	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	6	3	5	4	4	6	5	2	5	2	5	3
2	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	7	3	6	3	5	6	6	2	6	2	4	5
2	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	6	3	5	4	4	5	4	3	4	3	4	3
2	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	2	1
2	T <sub>0</sub> : testigo	6	2	7	3	4	5	7	4	6	2	4	6
3	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	6	2	5	2	3	5	5	2	4	3	4	3
3	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	6	3	5	3	4	5	5	3	6	3	4	4
3	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	5	3	6	3	3	5	5	2	5	2	3	3
3	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2
3	T <sub>0</sub> : testigo	6	3	6	3	3	6	5	2	5	4	4	3
4	T <sub>1</sub> : Matrine 5C	6	2	5	2	3	5	5	2	4	3	4	3
4	T <sub>2</sub> : <i>M. anisopliae</i>	6	2	5	2	5	4	6	3	4	2	5	3
4	T <sub>3</sub> : Extracto de ajo + pimienta	6	3	5	3	4	5	4	2	3	2	4	3
4	T <sub>4</sub> : Etoxazole 110 SC	0	1	1	0	0	1	2	1	3	1	2	1
4	T <sub>0</sub> : testigo	6	2	8	4	5	6	7	3	4	3	5	3

**Tabla 26.** Entomofauna benéfica a 1 y 14 días de la 2da. aplicación de los acaricidas.

Bloques	Tratamientos	Entomofauna benéfica a 1 día						Entomofauna benéfica a 14 días					
		Chry	Redv	Cocci	Syrp	Vesp	Apid	Chry	Redv	Cocci	Syrp	Vesp	Apid
1	T1: Matrine 5C	6	2	6	3	4	5	5	2	5	3	4	4
1	T2: <i>M. anisopliae</i>	7	3	5	4	5	6	4	3	4	3	5	4
1	T3: Extracto de ajo + pimienta	5	3	4	3	4	6	5	2	4	2	4	3
1	T4: Etoxazole 110 SC	1	0	1	0	1	1	2	0	2	1	2	1
1	T0: testigo	7	2	5	3	5	6	6	3	6	4	5	4
2	T1: Matrine 5C	6	3	5	4	4	6	5	2	5	2	5	3
2	T2: <i>M. anisopliae</i>	7	3	6	3	5	6	6	2	6	2	4	5
2	T3: Extracto de ajo + pimienta	6	3	5	4	4	5	4	3	4	3	4	3
2	T4: Etoxazole 110 SC	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	2	1
2	T0: testigo	6	2	7	3	4	5	7	4	6	2	4	6
3	T1: Matrine 5C	6	2	5	2	3	5	5	2	4	3	4	3
3	T2: <i>M. anisopliae</i>	6	3	5	3	4	5	5	3	6	3	4	4
3	T3: Extracto de ajo + pimienta	5	3	6	3	3	5	5	2	5	2	3	3
3	T4: Etoxazole 110 SC	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2
3	T0: testigo	6	3	6	3	3	6	5	2	5	4	4	3
4	T1: Matrine 5C	6	2	5	2	3	5	5	2	4	3	4	3
4	T2: <i>M. anisopliae</i>	6	2	5	2	5	4	6	3	4	2	5	3
4	T3: Extracto de ajo + pimienta	6	3	5	3	4	5	4	2	3	2	4	3
4	T4: Etoxazole 110 SC	0	1	1	0	0	1	2	1	3	1	2	1
4	T0: testigo	6	2	8	4	5	6	7	3	4	3	5	3



**Figura 55.** Vista del campo experimental de palto variedad Hass, CIFO-UNHEVAL – 2024.



**Figura 56.** Encalado de los troncos de palto.



**Figura 57.** Plateado y fertilización de palto variedad Hass.



**Figura 58.** Curado de heridas de ramas podadas de palto con caldo bordalés.



**Figura 59.** Rotulación de parcelas y señalización de los árboles de palto para la evaluación.



**Figura 60.** Calibración y dosificación de los acaricidas.



**Figura 61.** Aplicación de los acaricidas a los árboles de palto variedad Hass, CIFO-UNHEVAL, 2024.



**Figura 62.** Evaluación de ninfas y adultos de *O. punicae* en hojas de palto.