Revista de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Enero-Junio 2025: Volumen 15, N°19
Depósito Legal Digital: 2024-04064
e-ISSN 2224-445X

Artículo Científico
https://doi.org/10.69507/revia.2.15.19.358

# EFECTO DE ACARICIDAS BIOLOGICOS EN EL CONTROL DE *Oligonychus punicae* Y SU IMPACTO EN LA ENTOMOFAUNA BENEFICA DEL PALTO, HUANUCO

**Effect of biological acaricides in the control of *Oligonychus punicae* and its impact on the beneficial entomafauna of avocado, Huanuco.**

Javier Romero Chávez[1] José Luis Gil Bacilio[2]

[1]: Docente Asociado de la Facultad de Ciencias Agrarias, ORCID: 0000-0002-8879-2705, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco – Perú, correo: jromero@unheval.edu.pe, teléfono: 972 901 224

[2]: Docente Principal de la Facultad de Agronomía, ORCID: 0000-0002-4221-4555, Universidad Nacional Agraria La Selva, Tingo María- Huánuco – Perú, correo: jose.gil@unas.edu.pe, teléfono: 935 321 630

**Recibido:** 10/01/2025 **Aceptado:** 15/01/2025 **Publicado:** 20/01/2025

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de una nueva generación de plaguicidas en el control de *Oligonychus punicae* y su impacto en la entomofauna benéfica en el palto. El ensayo se efectuó en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO), adscrito a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL). El experimento se instaló en un campo de palto de 7 años de edad empleándose un diseño Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA), que comprendió de cuatro tratamientos: Matrine 5C (T1), *Metarhizium anisopliae* (T2), extracto de ajo + pimienta negra (T3), Etoxazole (T4) y Testigo (T0). Los aspectos evaluados correspondieron al control de *O. punicae* (densidad poblacional y eficacia de control) y su impacto en la entomofauna benéfica (individuos de las familias benéficas). Los resultados demostraron que los acaricidas ejercieron control sobre ninfas y adultos de *O. punicae,* mientras que solo los acaricidas de origen biológico preservan mayor número de individuos de la entomofauna benéfica depredadora y polinizadora. Se concluye que *M. anisopliae* logra un control destacable en ninfas y adultos de *O. punicae,* en cambio, los acaricidas Matrine, *M. anisopliae* y extracto de ajo + pimienta preservaron mayor ´número de individuos de las familias depredadoras (Chrysopidae, Coccinellidae, Reduviidae, Syrphidae y Vespidae) y polinizadoras (Apidae).

**Palabras claves:** densidad poblacional, grado de infestación, eficacia de control.

## ABSTRACT

The objective of the study was to determine the effect of a new generation of pesticides in the control of *Oligonychus punicae* and its impact on the beneficial entomofauna in the avocado tree. The trial was carried out at the Olerícola Fruit Research Center (CIFO), attached to the Hermilio Valdizán National University (UNHEVAL). The experiment was installed in a 7-year-old avocado field using a Completely Randomized Block Design (DBCA), which included four treatments: Matrine 5C (T1), *Metarhizium anisopliae* (T2), garlic extract + black pepper (T3), Etoxazole (T4) and Control (T0). The aspects evaluated corresponded to the control of *O. punicae* (population density and control effectiveness) and its impact on the beneficial entomofauna (individuals of beneficial families). The results showed that the acaricides exerted control over nymphs and adults of *O. punicae*, while only the acaricides of biological origin preserve a greater number of individuals of the beneficial predatory and pollinating entomofauna. It is concluded that *M. anisopliae* achieves remarkable control in nymphs and adults of *O. punicae*, however, the acaricides Matrine, M. anisopliae and garlic + pepper extract preserved a greater number of individuals from the predatory families (Chrysopidae, Coccinellidae, Reduviidae, Syrphidae and Vespidae) and pollinators (Apidae).

**Keywords:** population density, infestation level, control efficacy.

# I. INTRODUCCIÓN

La palta (*Persea americana* Mill.) anualmente se produce alrededor de 8,06 millones de toneladas de aguacate (Nyakang et al., 2023), cuyo consumo se ha incrementado en 2,7 millones de toneladas entre el 2010/20 (Huang et al., 2023).

En el Perú, la producción de palto ha aumentado de 455 394,18 t en el 2016 a 778 790,873 t en el 2021; así como también el rendimiento del cultivo de 12,025 t/ha en el 2016 a 14,126 t/ha en el 2021 (Flores y Espinoza, 2023), siendo el departamento de La Libertad como el mayor productor de palta a nivel nacional (MIDAGRI, 2024).

Estos indicadores muestran que el consumo de palta, especialmente de la variedad Hass, ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, tanto en exportaciones como en el mercado interno, debido a la alta calidad nutricional del fruto, que aporta vitaminas y minerales esenciales para la salud (Lozano-Alfaro, 2022).

En Huánuco, también se reporta incrementos en cuanto a la producción (de 3547 t en el 2019 a 5148 t en el 2023), área cosechada (405,5 ha en el 2019 a 655 ha en el 2023), teniendo a las provincias de Leoncio Prado (2053,40 t), Pachitea (1063 t), Huánuco (835,50 t) y Ambo (221,50 t) como principales productores (MIDAGRI, 2024).

El ácaro marrón, *Oligonychus punicae* Hirst, se ha extendido por todo el mundo y ahora está ampliamente distribuido (Mushtaq et al., 2021). Considerada como plaga clave en el cultivo de palto, cuyo daño llega hasta el 71 %, localizándose preferiblemente en el haz de las hojas (90 %), en las nervaduras centrales y secundarias (Peña y Wysoki, 2008), ocasionando la aparición de manchas blancas foliares, que con el tiempo, adquieren un tono marrón rojizo (López, 1998; Peña y Wysoki, 2008; Vásquez et al., 2008; Mushtaq et al., 2021), lo que afecta negativamente la fisiología de las hojas del palto (conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis), por lo tanto, merma la calidad de la fruta y los rendimientos del cultivo (López, 1998; Peña y Wysoki, 2008). Además, puede atacar brotes, flores y frutos en desarrollo (Lemus-Soriano, 2017).

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), 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). Algunas especies de *Oligonychus* se encuentran en palta cultivada a más de 1200 msnm, 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 (Vásquez et al., 2008), Aunque no se encuentren en el 100% de las parcelas, presenta espacios donde la infestación es baja, por lo que su distribución es agregada, ajustándose a modelos Gaussiano, Esférico y Exponencial (Lara-Vásquez et al., 2018).

Para reducir la alta densidad poblacional de ácaros, aplican diferentes materias activas de acaricidas como el etoxazole, milbemectin (Escobedo, 2016), abamectina, fenproxymate, spirodiclofen, lambda cyhalotrina (Lemus, 2017), acetamiprid, novaluron y benzoato de emamectina (Álvarez-Martínez, 2020). Sin embargo, muchos de estos productos químicos están fallando porque la plaga desarrolla resistencia rápidamente debido a su corto tiempo de generación, alta fecundidad y partenogénesis arrenotócica (Dogan et al., 2017)

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 y ocasiona pérdidas económicas significativas para los agricultores (Parco, 2019). Ante esta situación, Se recomienda aplicar medidas de control químico antes de que la plaga cause daños mayores, aunque los plaguicidas convencionales, como abamectina, son efectivos y económicos, eliminan fauna benéfica. En Huánuco, el uso indiscriminado de plaguicidas tóxicos genera resistencia en plagas, residuos en productos, y ocaciona contaminación ambiental. El uso de acaricidas biológicos de baja toxicidad en dosis adecuadas es una estrategia para proteger el medio ambiente y minimizar los impactos negativos.

El objetivo de esta investigación fue probar el efecto de una nueva generación de acaricidas de baja toxicidad para el control de ácaros y determinar el impacto sobre la entomofauna benéfica del palto.

# II. METODOLOGÍA

## 2.1. 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, en la Facultad de Ciencias Agrarias. El CIFO se encuentra al margen izquierdo del rio Huallaga en el casco urbano del distrito de Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco. Se posiciona a 363098.55 m E, 8899688.73 m S y a 1932 msnm.

Las temperaturas medias oscilaron entre 20 y 24°C, con mínimas de 14-17°C y máximas de 25-31°C. La precipitación varió de 0 a 11,9 mm, y la humedad relativa entre 63-74%.

Estas condiciones favorecieron a la infestación de O. punicae, especialmente 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

### 2.2. Tratamientos

Los acaricidas se aplicaron el 11 de enero y el 8 de febrero de 2024, con un intervalo de 27 días. Se realizó una prueba en blanco utilizando una mochila de 20 litros para determinar el volumen de agua necesario por árbol. La aplicación se llevó a cabo con equipo de protección personal y materiales adecuados.

**Tabla 1**

*Tratamientos en estudio y descripción*

| Tratamientos | Descripción |
|---|---|
| Matrine ($T_1$) | Ingrediente activo de GREENEX ULTRA 5 CS con bajo impacto ambiental comercializado por Montana. La dosis empleada fue de 0,15 %. |
| *Metarhizium anisoplae* ($T_2$) | Hongo entomopatógeno patentado por PBA, con denominado METARIZO WP, de concentración > 1.5 x1010 conidios/g. La dosis utilizada de 0,15 %. |
| Extracto de ajo + pimienta negra ($T_3$) | Ingrediente activo biológico de MITEKILL, comercializado por SERFI, cuya concentración es: 1,3g/l de extracto de ajo y 0,3 g/l. de extracto de pimienta negra. Dosis utilizada a 0,3 %. |
| Etoxazole ($T_4$) | Ingrediente activo no sistémico de ACARISIL 110 SC, de categoría ligeramente peligroso, comercializado por SILVESTRE, el cual muestra una concentración de 110 g/L. La dosis utilizada fue 0,05 % |

### 2.3. Evaluación de los parámetros

#### 2.3.1. Control de *O. 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). 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.

Densidad poblacional: consistió en contar el número de ninfas y adultos de ácaros. Para ello, aleatoriamente se eligieron 3 hojas (tercio inferior y superior) y 4 hojas (tercio medio), examinadas con una lupa de 40X y registrarlos en la cartilla de evaluación.

Grado de infestación: se determinó según la escala de Herrera (2016), que clasifica la infestación de ácaros en cinco grados basados en el número de adultos o ninfas presentes. Se estableció que el umbral de acción para aplicar acaricidas en el control de *O. punicae* comienza a partir del Grado 3 de infestación (11-25 individuos entre ninfas y adultos), ya que desde este nivel se observa el bronceado en las hojas del palto.

**Tabla 2**

*Escala de grados de infestación*

| Grado | N° adultos o ninfas |
|---|---|
| 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 |

Eficacia de control: se calculó el porcentaje de control utilizando la fórmula de Servicio Agrícola y Ganadero [SAG] (2022):

$$\%\text{Corregida}=1\left(\frac{\text{N° en C}_o\text{antes del tratamiento}=\text{N° en T después del tratamiento}}{\text{N° en C}_o\text{después del tratamiento}=\text{N° en T antes del tratamiento}}\right)*100$$

Donde:

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

#### 2.3.2. Entomofauna benéfica

Se permaneció en el árbol por 5 minutos para cada planta experimental, donde se contabilizaron a los individuos de los insectos benéficos, después de la evaluación de los ácaros.

### 2.4. Análisis estadístico

Los datos registrados fueron procesados en el programa de computación de Excel versión 2019 e InfoStat versión 2020, desarrollando las siguientes pruebas estadísticas:

Análisis de varianza (ANDEVA) 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 densidad poblacional, eficacia de control y entomofauna benéfica, en cambio para el grado de infestación se efectuó la prueba de comparación de mediadas de Ranks al nivel de 0,05 de error.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Control de O. punicae

#### 3.1.1. Densidad poblacional

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 de 1,17 a 4,52 %. Además, se observa menor dispersión de los datos en la 2da., 4ta., 5ta., 6ta., y 7ma., evaluación. (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Resumen del ANVA para densidad poblacional de ninfas y adultos de O. punicae*

| Eval. | Ninfas | | Adultos | | CV% Ninfas | CV% Adultos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | p-valor | F | p-valor | | |
| 1 | 1740,87 | <0,0001 | 2004,45 | <0,0001 | 2,13 | 2,29 |
| 2 | 6174,49 | <0,0001 | 6570,47 | <0,0001 | 1,90 | 2,01 |
| 3 | 11313,38 | <0,0001 | 898,88 | <0,0001 | 4,52 | 1,30 |
| 4 | 822,31 | <0,0001 | 3363,04 | <0,0001 | 1,58 | 3,20 |
| 5 | 1594,91 | <0,0001 | 5104,52 | <0,0001 | 1,46 | 2,62 |
| 6 | 15053,13 | <0,0001 | 11672,71 | <0,0001 | 1,54 | 1,35 |
| 7 | 3665,32 | <0,0001 | 15606,4 | <0,0001 | 1,17 | 2,38 |
| 8 | 1125,65 | <0,0001 | 1020,04 | <0,0001 | 3,07 | 2,88 |

En la figura 1, se observan los promedios agrupados por la prueba de LSD de Fischer en ninfas y adultos desde la 1ra. hasta la 8va. evaluación de los acaricidas. En las evaluaciones 2da., 3ra., 5ta. y 6ta. se distingue mayor efecto de los acaricidas.

El promedio del T4 (Etoxazole 110 SC) tuvo un efecto reductor estadísticamente de la densidad de ninfas a la 1ra., 2da., 5ta., y 6ta. evaluación y 1ra., 2da., 3ra., 5ta. y 6ta. evaluación en adultos (Figura 1). Resultado que coinciden con Karmakar et al. (2014), Escobedo (2016), Herrera (2016) y León-Castillo (2021), debido a su capacidad para inhibir el proceso de muda durante el desarrollo de los ácaros y por tener efecto de contacto (Dekeyser, 2005; Li et al., 2014; Singh, 2022), ingestión y translaminar en la planta actúa como disruptor de la reproducción, reduciendo la población en futuras generaciones (Murillo-López, 2010). Igualmente, el T2 (*M. anisopliae*) en las evaluaciones 4ta. y 8va. Estos hallazgos se corroboraron en El Sherif et al (2024) quien destaca el potencial de *M. anisopliae* para reducir los individuos ninfales y adultos de *Tetranychus urticae.*

**Figura 1**

*Promedios agrupados de la 1ra. a 8va., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad de ninfas (A) y adultos (B) de O. punicae.*

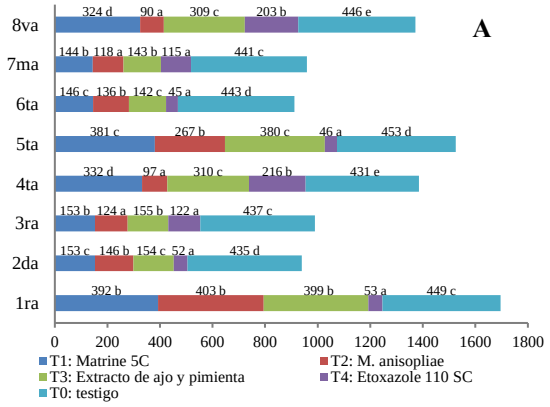
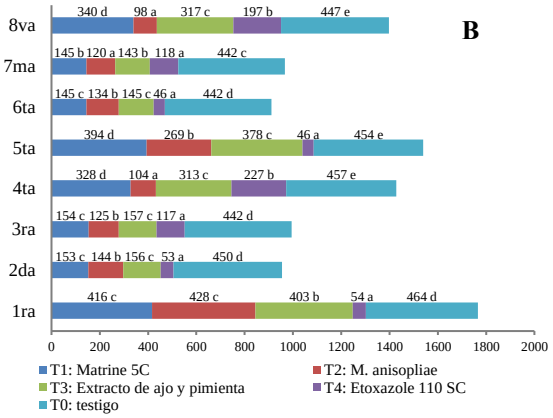



**Figura 2**

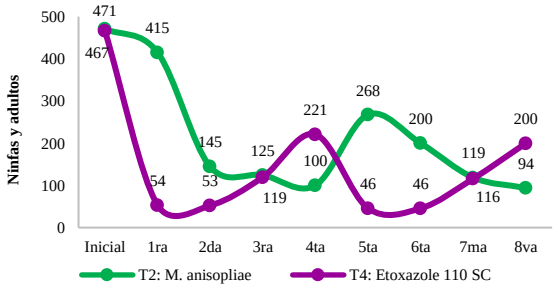
*Promedios agrupados de la 1ra. a 8va., evaluación por la prueba de LSD Fischer (0,05) para densidad de adultos (B) de O. punicae.*




Cabe resaltar que el Etoxazole en ácaros adultos a la 3ra., 6ta. y 7ma. evaluación las diferencias son muy estrechas entre *M. anisopliae* y Etoxazole (Figura 1), debido a que este último muestra limitado efecto en ácaros adultos (Nauen & Smagghe, 2006), pero *M. anisopliae* ofrece una infección eficaz en varias etapas del ciclo de vida del ácaro, aprovechando sus mecanismos de penetración y colonización (Ortiz-Urquiza y Keyhani, 2013), por la interacción entre el tegumento de los artrópodos al ser penetrado por el hongo y la muda (Bugeme et al., 2014). 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. Esto indica que *M. anisopliae* también tiene un efecto positivo en la reducción de la población de ácaros, aunque no tan consistente como el Etoxazole, ya que, se determinó que ambos tratamientos muestran un efecto similar en la 7ma evaluación, lo que sugiere que pueden tener un efecto sostenido en el control de la población de ácaros a lo largo del tiempo (Figura 2).

**Figura 3**

*Fluctuación de la población de ninfas y adultos de O. punicae por la aplicación de M. anisopliae y Etoxazole*




Por otro lado, se destaca la acción de Matrine y el extracto de ajo + pimienta, que 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).

Otro aspecto importante, es referido a la densidad poblacional de ninfas y adultos de *O. punicae*, donde se observó 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 4, 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 $C_1$ la densidad poblacional del T0 fue distinto estadísticamente a la densidad de los tratamientos $T_1$, $T_2$, $T_3$ y $T_4$. En el $C_2$ la densidad de ninfas del $T_1$ fue significativamente diferente a la densidad obtenida por la aplicación de los tratamientos $T_2$, $T_3$ y $T_4$. Para el $C_3$ la densidad de ninfas del T2 demostró distinción significativa de la densidad de los tratamientos $T_3$ y $T_4$. En el $C_4$ la densidad de ninfas del $T_3$ fue diferente significativamente a la densidad del tratamiento $T_4$. Este comportamiento 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 (2021), en los cuales emplearon acaricidas químicos y demostraron la reducción de la población de ácaros.

**Tabla 4**

*Cuadrados medios del ANOVA de contrastes ortogonales de la densidad poblacional de ninfas y adultos de O. punicae*

| Eval. | Ácaro marrón | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ra | Ninfas | 60665,1 | 34722,5 | 83308,2 | 239432,0 | <0,0001 |
| | Adultos | 60940,8 | 43923,0 | 106134,0 | 243602,0 | <0,0001 |
| 2da | Ninfas | 305539,2 | 3816,3 | 4930,7 | 20808,0 | <0,0001 |
| | Adultos | 334628,5 | 3852,1 | 4082,0 | 21115,1 | <0,0001 |
| 3ra | Ninfas | 284411,3 | 1140,8 | 513,4 | 2145,1 | <0,0001 |
| | Adultos | 295731,2 | 1323,0 | 384,0 | 3120,5 | <0,0001 |
| 4ta | Ninfas | 118888,2 | 46128,0 | 73593,4 | 17766,1 | <0,0001 |
| | Adultos | 146718,5 | 38874,1 | 73815,0 | 15051,1 | <0,0001 |
| 5ta | Ninfas | 108560,1 | 67125,5 | 7704,2 | 223780,5 | <0,0001 |
| | Adultos | 106653,0 | 79462,7 | 8550,4 | 220116,1 | <0,0001 |
| 6ta | Ninfas | 339692,1 | 4351,0 | 4732,0 | 18915,1 | <0,0001 |
| | Adultos | 337480,2 | 4107,0 | 8550,4 | 220116,1 | <0,0001 |
| 7ma | Ninfas | 309631,6 | 1054,7 | 337,5 | 1624,5 | <0,0001 |
| | Adultos | 307768,1 | 954,1 | 308,2 | 1300,5 | <0,0001 |
| 8va | Ninfas | 147318,6 | 45695,0 | 73040,7 | 22684,5 | <0,0001 |
| | Adultos | 140113,8 | 55216,3 | 67840,7 | 28560,5 | <0,0001 |

*Nota.* $C_1$: T0vsT1, T2, T3, T4; $C_2$: T1vsT2, T3, T4; $C_3$: T2vsT3, T4; $C_4$: T3vsT4

Estos resultados, se debe a su composición química y modo de acción de los acaricidas. $T_1$ (Matrine 5C) 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 y 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 & Smagghe, 2006).

### 3.1.2. Grado de infestación

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 $T_4$ (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 $T_2$ (*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 $T_1$, $T_2$, $T_3$ y $T_4$ fueron diferentes al testigo (Tabla 5).

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 Gonzáles-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 5**

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

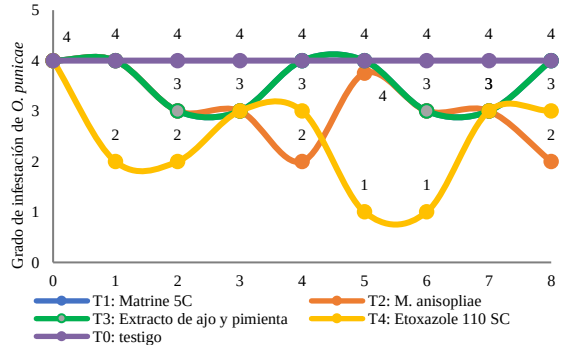
| Eval. | Media de Rangos | | | | | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $T_1$: Mt | $T_2$: MA | $T_3$: EAP | $T_4$: E | $T_0$: T | |
| 1 | 3,50 b | 3,50 b | 3,50 b | 1,00 a | 3,50 b | <0,0001 |
| 2 | 3,00 bc | 3,00 bcd | 3,00 b | 1,00 a | 5,00 e | <0,0001 |
| 3 | 2,50 abc | 2,50 abcd | 2,50 ab | 2,50 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 |

*Nota.* Mt = Matrine 5C; MA = *Metarhizium anisopliae*; EAP = extracto de ajo+pimienta negra; E = Etoxazole y T = testigo

La Figura 3, muestra que el tratamiento T4 (Etoxazole 110 SC) redujo la infestación de O. punicae en dos grados en las primeras dos evaluaciones y en tres grados en la quinta y sexta, corroborando estudios de Singh (2022), Escobedo (2016) y León-Castillo (2021). T2 (M. anisopliae) y T3 (Extracto de ajo + pimienta) también mostraron reducciones, con T2 destacando en la cuarta y octava evaluación, apoyando lo reportado por El Sherif et al. (2024). T1 (Matrine) y T3 presentaron patrones de respuesta similares, influenciando la síntesis de lípidos y la reproducción, como indican Scott et al. (2005), Preisser et al. (2018), y Habashy (2018), ambos influyen en la capacidad reproductiva de los ácaros.

**Figura 4**

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




### 3.1.3. Eficacia de control

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 6).

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 6), debido a que hubo mayor diferencia de la eficacia de control por parte del Etoxazole respecto a los otros acaricidas.

**Tabla 6**

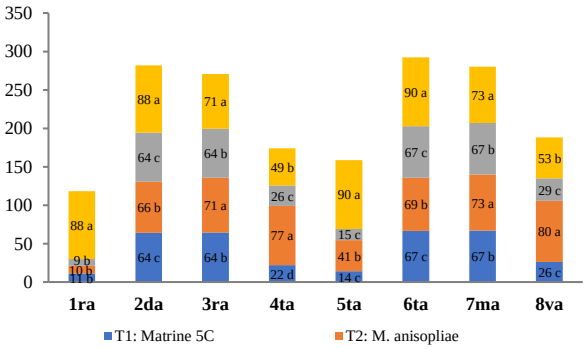
*Resumen del ANVA para eficacia de control de ninfas y adultos de O. punicae*

| Eval. | Ninfas | | Adultos | | CV% Ninfas | CV% Adultos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | p-valor | F | p-valor | | |
| 1 | 2608,26 | <0,0001 | 1586,8 | <0,0001 | 5,17 | 6,96 |
| 2 | 970,36 | <0,0001 | 706,30 | <0,0001 | 1,05 | 1,17 |
| 3 | 16,00 | <0,0001 | 164,92 | <0,0001 | 3,10 | 1,03 |
| 4 | 1437,63 | <0,0001 | 520,05 | <0,0001 | 3,08 | 4,65 |
| 5 | 6484,41 | <0,0001 | 1750,6 | <0,0001 | 2,23 | 4,08 |
| 6 | 946,14 | <0,0001 | 1044,3 | <0,0001 | 0,98 | 0,90 |
| 7 | 340,01 | <0,0001 | 57,60 | <0,0001 | 0,58 | 1,23 |
| 8 | 745,14 | <0,0001 | 696,01 | <0,0001 | 3,88 | 3,97 |

En la figura 4, se observa los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control en ninfas de O. punicae, en los cuales se identifica al promedio del tratamiento T4 (Etoxazole 110 SC) con efecto distinto y superior estadísticamente respecto a los demás tratamientos en las evaluaciones 1ra., 2da., 5ta. y 6ta. No obstante, el promedio del tratamiento T2 (M. anisopliae) demostró un promedio diferente estadísticamente en relación a los otros tratamientos para las evaluaciones 4ta y 8va, pero difiere estadísticamente de los tratamientos T1 (Matrine 5C) y T3 (Extracto de ajo y pimienta) en la 2da., 5ta., 6ta. y 8va. evaluación. Por otro lado, los tratamientos T4 y T2 mostraron efecto similar en la 3ra y 7ma evaluación.

**Figura 5**

*Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de ninfas de O. punicae de la 1ra. a la 8va. evaluación*

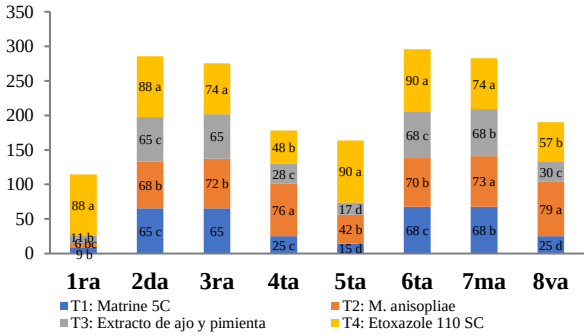



Los resultados descritos concuerdan con diversas investigaciones, ya que, cualquier sustancia química (Escobedo, 2016; Lemus y Pérez, 2016; Álvarez, 2020; Singh, 2022; León-Castillo, 2023) y/o biológica (Dogan et al., 2017; Tamay y De La Cruz, 2019; Parco, 2019; Gonzáles-Pariona et al., 2020; Kowah et al., 2023; El Sherif et al., 2024) puede ser eficaz en el control de ácaros. Asimismo, se ratifica el resultado obtenido por Etoxazole en los estudios de Escobedo (2016) y León-Castillo (2021), debido a que el ingrediente activo presenta actividad por contacto, ingestión y translaminar en la planta tratada, controlando huevos, larvas y ninfas (Murillo-López, 2010).

En la figura 5, se observa los promedios con agrupación estadística de la prueba LSD Fischer para la eficacia de control en adultos de *O. punicae*, donde el promedio del tratamiento $T_4$ (Etoxazole 110 SC) tuvo un efecto distinto respecto a los otros tratamientos en la 1ra., 2da., 3ra., 4ta., 5ta., 6ta. y 8va. evaluación. Este efecto se ratifica en los estudios de Escobedo (2016) y León-Castillo (2021), a pesar de no tener mucha eficacia sobre adultos de ácaros (Nauen & Smagghe, 2006). Sin embargo, el efecto mostrado se podria atribuir al efecto de contacto y reductor en la ovoposición transovárica en hembras tratadas (Murillo-López, 2010).

**Figura 6**

*Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (0,05) para eficacia de control de adultos de O. punicae de la 1ra. a la 8va. evaluación*




Desde la 2da. hasta la 8va. evaluación, el tratamiento $T_2$ (*M. anisopliae*) mostró un promedio estadísticamente diferente en comparación con $T_3$ y $T_1$. Esta eficacia coincide con los estudios de Parco (2019) y El Sherif et al. (2024), que destacan la alta eficacia bioplaguicida de *M. anisopliae* para el control de *O. punicae* y *T. urticae*, respectivamente. La descendencia de ácaros infectados por *M. anisopliae* presenta una cutícula blanda y poco esclerotizada (Butt et al., 2016), debido a la acción de enzimas como proteasas, quitinasas y lipasas (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013; Wasuwan et al., 2022), así como proteínas como subtilisinas, tripsinas, quimotripsinas y carboxipeptidasas (El Sherif et al., 2024). Estas enzimas degradan la cutícula, cuya dureza se atribuye a la mineralización y esclerotización, haciéndola resistente a la degradación enzimática (Bugeme et al., 2014; Butt et al., 2016; Wasuwan et al., 2022; El Sherif et al., 2024).

### 3.1.4. Entomofauna benéfica

De acuerdo con el resumen del ANVA de las tablas 7 y 8, 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 7**

*Resumen del ANOVA para la 1ra. evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto*

| Familias | 1 dda | | 14 dda | | p-valor | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CM | CV (%) | CM | CV (%) | 1 dda | 14 dda |
| Chrysopidae | 25,3 | 10,43 | 11,43 | 16,42 | <0,0001 | <0,0001 |
| Reduviidae | 4,70 | 23,00 | 3,08 | 25,83 | <0,0001 | 0,0009 |
| Coccinellidae | 17,58 | 16,96 | 6,70 | 21,55 | <0,0001 | 0,0018 |
| Syrphidae | 7,68 | 26,08 | 3,55 | 24,47 | <0,0001 | 0,0005 |
| Vespidae | 11,08 | 16,58 | 5,08 | 24,46 | <0,0001 | 0,0015 |
| Apidae | 15,5 | 12,83 | 4,43 | 11,52 | <0,0001 | <0,0001 |

**Tabla 8**

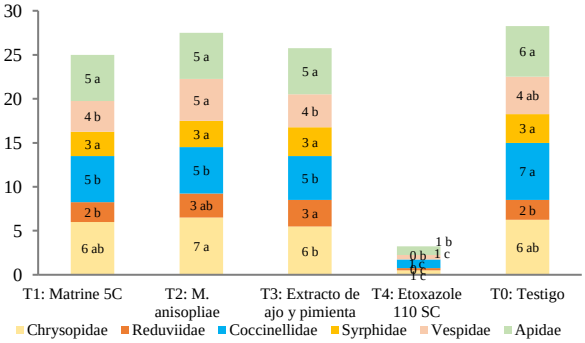
*Resumen del ANOVA para la 2da. evaluación de la entomofauna benéfica en el cultivo de palto*

| Familias | 1 dda | | 14 dda | | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| | CM | CV (%) | CM | CV (%) | |
| Chrysopidae | 23,18 | 12,91 | 11,93 | 8,47 | <0,0001 |
| Reduviidae | 6,68 | 23,84 | 1,20 | 25,42 | <0,0001 |
| Coccinellidae | 20,68 | 17,91 | 10,00 | 15,49 | <0,0001 |
| Syrphidae | 2,68 | 26,99 | 7,08 | 20,35 | 0,0001 |
| Vespidae | 9,33 | 18,41 | 8,13 | 19,00 | <0,0001 |
| Apidae | 14,83 | 11,55 | 8,25 | 14,79 | <0,0001 |

Las figuras del 6 y 7, se expresan los promedios agrupados con la prueba de LSD Fischer al 5% de error de la entomofauna benéfica. En la familia Chrysopidae, los tratamientos $T_0$ (testigo), $T_1$ (Matrine) y $T_2$ (*M. anisopliae*) mostraron un promedio significativo en el número de individuos a 1 día después de la aplicación (dda), pero solo $T_0$ y $T_2$ mantuvieron este incremento a los 14 dda. En la familia Reduviidae, los tratamientos $T_3$ (Extracto de ajo y pimienta) y $T_2$ (*M. anisopliae*) destacaron a 1 dda, mientras que $T_0$ superó a $T_1$ (Matrine) y $T_4$ (Etoxazole) a los 14 dda.

**Figura 7**

*Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (p=0,05) para número de individuos de entomofauna benéfica a 1 día después de la 1ra aplicación*



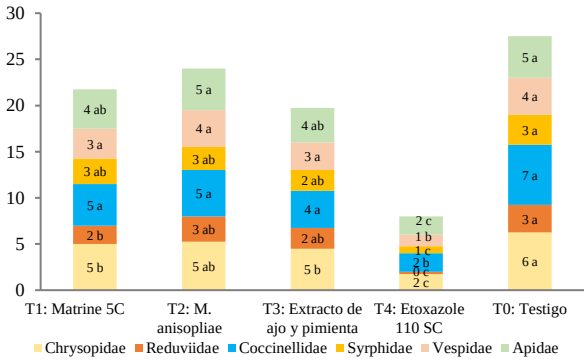

En la familia Coccinellidae, $T_0$ sobresalió a 1 dda, mientras que a los 14 dda, $T_0$, $T_1$, $T_2$ y $T_3$ alcanzaron números de individuos estadísticamente similares. En Syrphidae, los tratamientos $T_0$, $T_1$, $T_2$ y T3 mostraron números de individuos comparables tanto a 1 como a 14 dda. En Vespidae, T2 y T0 presentaron un aumento similar a 1 dda, mientras que a los 14 dda, $T_1$, $T_2$, $T_3$ y $T_0$ mostraron cifras equivalentes, a diferencia de $T_4$. Para Apidae, $T_1$, $T_2$, $T_3$ y $T_0$ mostraron números iguales a 1 dda, y solo $T_1$, $T_2$ y $T_0$ mantuvieron esta tendencia a los 14 dda.

Los resultados obtenidos en la entomofauna benéfica a 1 y 14 días después de la 1ra aplicación evidencia que los tratamientos $T_1$, $T_2$ y $T_3$ 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 y 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 8**

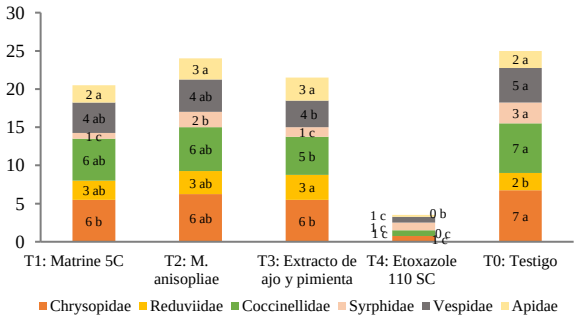
*Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (p=0,05) para número de individuos de entomofauna benéfica a 14 días después de la 1ra aplicación*




La entomofauna benéfica a la 2da. aplicación expresada en las figuras 8 y 9, muestran diferencias significativas de los acaricidas. Se indica diferencias significativas en la familia Chrysopidae, donde $T_0$ (testigo), $T_1$ (Matrine) y $T_2$ (*M. anisopliae*) mostraron más individuos a 1 dda, mientras que solo $T_0$ y $T_2$ diferían a los 14 dda. En Reduviidae, $T_1$ (Matrine), $T_2$ (*M. anisopliae*) y $T_3$ (Extracto de ajos y pimienta) destacaron a 1 dda, pero $T_0$, $T_1$, $T_2$ y $T_3$ mostraron resultados similares a los 14 dda.

**Figura 9**

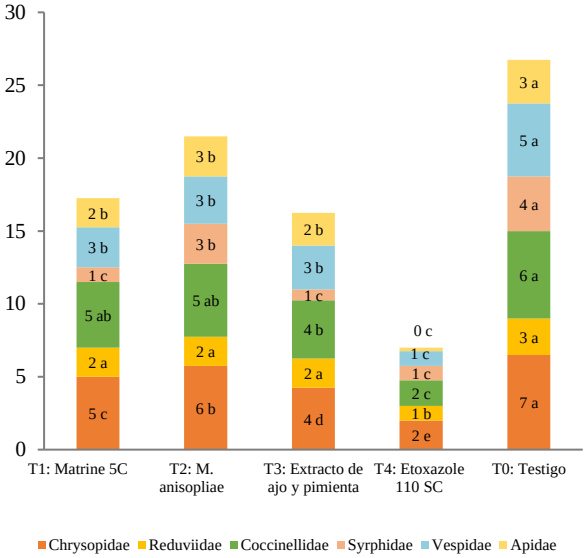
*Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (p=0,05) para número de individuos de entomofauna benéfica a 1 día después de la 2da aplicación*




En Coccinellidae, $T_0$ fue significativamente diferente a 1 dda, mientras que $T_0$, $T_1$, $T_2$ y $T_3$ tuvieron resultados similares a los 14 dda. Syrphidae mostró diferencias en $T_0$ a ambos días. En Vespidae, solo $T_0$ difirió a 14 dda. Para Apidae, $T_0$ fue diferente a 1 dda, pero no a 14 dda. 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).

**Figura 10**

*Promedios agrupados por la prueba de LSD Fischer (p=0,05) para número de individuos de entomofauna benéfica a 1 día después de la 2da aplicación*




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) advierte que, aunque algunos biopesticidas no son letales para abejas adultas, pueden tener efectos subletales en las larvas, subrayando la necesidad de una evaluación cuidadosa.

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).

Las Tablas 9 y 10 muestran diferencias significativas en la entomofauna benéfica entre evaluaciones. El contraste $C_1$ revela que $T_0$ difiere estadísticamente de los demás tratamientos a 1 y 14 días después de la aplicación. $C_2$ destaca que la entomofauna de $T_1$ es significativamente diferente a la de $T_2$, $T_3$ y $T_4$, excepto en Vespidae a los 14 días. En $C_3$, la entomofauna de $T_2$ difiere de $T_3$ y $T_4$ en ambas evaluaciones. $C_4$ muestra diferencias significativas entre $T_3$ y $T_4$ en todas las familias, excepto en Syrphidae. Estos resultados subrayan la influencia de los tratamientos en la composición de la entomofauna benéfica en el agroecosistema evaluado.

**Figura 11**

*Cuadrados medios de ANOVA de contrastes ortogonales en la evaluación de la entomofauna benéfica de O. punicae para la 1ra evaluación*

| Fam | dda | | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chryso-pidae | 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 |
| Redu-viidae | 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 |
| Cocci-nellidae | 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 |
| Syrphi-dae | 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 |

*Nota.* $C_1$: T0vsT1, T2, T3, T4; $C_2$: T1vsT2, T3, T4; $C_3$: T2vsT3, T4; $C_4$: T3vsT4

**Figura 12**

*Cuadrados medios de ANOVA de contrastes ortogonales en la evaluación de la entomofauna benéfica de O. punicae para la 2da evaluación*

| Fam | dda | | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chryso-pidae | 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 |
| Redu-viidae | 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 |
| Cocci-nellidae | 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 |
| Syrphi-dae | 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 |

*Nota:* $C_1$: T0vsT1, T2, T3, T4; $C_2$: T1vsT2, T3, T4; $C_3$: T2vsT3, T4; $C_4$: T3vsT4

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 Martinez, 2007). Este hallazgo subraya la importancia de seleccionar tratamientos que fomenten la presencia de entomofauna benéfica.

## IV. CONCLUSIONES

El acaricida sintético Etoxazole y *Metarhizium anisopliae* demostraron alta eficacia en la reducción de la densidad poblacional de *O. punicae*, siendo Etoxazole el más efectivo con más del 80 % de control en varias evaluaciones. Sin embargo, Etoxazole también mostró un impacto negativo significativo en la entomofauna benéfica, a diferencia de *M. anisopliae*, Matrine y Extracto de ajo + pimienta, que mantuvieron un impacto mínimo.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Martínez, 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]. Repositorio Institucional. http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3319

Wakuma Bayissa, S. E., 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. https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1099148

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. https://doi.org/10.1017/S1742758414000381

Butt, T. M., Coates, C. J., Dubovskiy, I. M. & Ratcliffe, N. A. (2016). Entomopathogenic Fungi: New Insights into Host-Pathogen Interactions. *Advances in Genetics*, 94, 307–364. https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006

Castro-López, M. A. & Martínez-Osorio, J. W. (2019). Compatibilidad de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae con Chrysoperla externa depredador de Trialeurodes vaporariorum. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, 35*(1), 38-48. http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000104

Collantes González, R. D. & Rodríguez Berrio, 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), 21-34. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2169

Dekeyser, M. A. (2005). Review: Acaricide mode of action. *Pest Management Science, 61*(2). 103-110. https://doi.org/10.1002/ps.994

Deza-Deza, G. & 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*(2), 2-7. 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. https://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. *Egyptian Academic Journal Biological Sciences (F Toxicology & Pest Control), 16*(1). 1-13. http://dx.doi.org/10.21608/eajbsf.2024.338614

Escobedo de la Cruz, 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]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/20.500.12759/2424

Flores-Izquierdo, M. A. & Espinoza-Villanueva, L. E. (2023). Situación actual y perspectivas de la producción de palta (*Persea americana*) peruana en el contexto del comercio internacional. *Ingeniería Industrial,* (45), 157-173. https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6316

Gonzáles-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. https://doi.org/10.17268/manglar.2020.034

Guanilo, A. D. & Martínez, N. (2007). Predadores asociados a Panonychus citri Mcgregor (*Acari: Tetranychidae*) en la costa central del Perú. *Ecología aplicada, 6*(1,2), 117-129. https://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.348

Gutiérrez Marín, V. L. (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]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/20.500.14414/7641

Habashy, M. G. (2018). Toxicological effects of garlic bulbs aqueous extract on two Tetranychid mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Plant Protection and Pathology, 9* (1), 1–7. https://dx.doi.org/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]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/20.500.14414/7472

Huang, K. M., Guan, Z., Blare, T. & Hammami, M. (2023). Global Avocado Boom. *Choices Magazine, 38*(4), 1-9. https://www.choicesmagazine.org/UserFiles/file/cmsarticle_868.pdf

Hurtado, E., Fernández, A., & Carrasco, A. (2018). Avocado fruit—Persea americana. En S. Rodriguez, E. De Oliveira & E. Sousa (Eds.), *Exotics fruits* (pp. 37-48). Academic Press.

Karmakar, K., Pranab, D. & Sandip, P. (2014). Etoxazole: A new novel acaricide molecule for effective management of tea red spider mite, Oligonychus coffeae (Nietner). *Research on Crops, 15*(3), 662-669. http://dx.doi.org/10.5958/2348-7542.2014.01393.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). Spatial Modeling of Red Spider Mite Oligonychus punicae (Acari: Tetranychidae) in Avocado Crop. *Florida Entomologist, 106*(4), 211-219. https://doi.org/10.1653/024.106.0402

Lemus-Soriano, B. A. & Pérez-Aguilar, 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. Instituto para la innovación Tecnológica en la Agricultura. https://n9.cl/0pg16

León-Castillo, Y. H. (2021). *Eficacia de acaricidas de uso comercial para el control de arañita marrón (Oligonychus punicae Hirst) en palto (Persea americana Mill.) Virú* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional. https://core.ac.uk/download/591065621.pdf

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), 1-14. http://dx.doi.org/10.1673/031.014.104

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]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/20.500.14414/13483

López Laport, E. (1998). *Manejo integrado de plagas del palto.* Seminario Internacional de paltos.

López-Alfaro, V. (2022, agosto 22). Palta Hass: la nueva estrella de las agroexportaciones. *Diario Oficial del Bicentenario El Peruano*. https://elperuano.pe/noticia/184127-palta-hassla-nueva-estrella-de-lasagroexportaciones

Mamani Calcina, 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 Agroescosistema del CIFO - UNHEVAL 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional. 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*(16), 1-5. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127346

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (15 de mayo de 2024). Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.* https://n9.cl/kwjl8

Montana. (14 de mayo de 2024). Ficha técnica: Greenex Ultra: insecticida, acaricida agrícola. *Montana.* https://www.corpmontana.com/wp-content/uploads/2018/04/GREENEX.pdf

Murillo-López, A. (2010, 30 de junio). *Las alternativas químicas recientes para el manejo de ácaros en cultivos de flores para exportación* [Conferencia Magistral]. XXXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Bogotá, 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. https://doi.org/10.3897/zookeys.1079.75175

Nauen, R. & Smagghe, G. (2006). Rapid Report Mode of action of etoxazole. *Pest Management Science, 62*(5), 379–382. https://doi.org/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

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

Nyakang, C. O., Ebere, R., Morete, E. & Arimi, J. M. (2023). Avocado production in Kenya in relation to the world, Avocado by-products (seeds and peels) functionality and utilization in food products. *Applied Food Research, 3*(1), 100275. https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100275

Parco Quinchari, J. A. (2019). *Efecto de entomopatogenos 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]. Repositorio Institucional. 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). Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura.

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

Ortiz-Urquiza, A. & Keyhani, N. (2013). Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects, 4*(3), 357-374. https://doi.org/10.3390/insects4030357

Servicios y Formulaciones Industriales. (23 de mayo de 2024*). Ficha técnica Mitekill*. Serfi. https://serfi.pe/producto/mitekill/

Servicio Agrícola y Ganadero. (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. http://dx.doi.org/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. http://dx.doi.org/10.55446/IJE.2021.293

Sun, W., Liao, A., Lei, L., Tang, X., Wang, Y. & Wu, J. (2024). Research progress on piperidine-containing compounds as agrochemicals. *Chinese Chemical Letters, 36*(1), 109855. https://doi.org/10.1016/j.cclet.2024.109855

Tamay, S. 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]. Repositorio Institucional. https://hdl.handle.net/20.500.12893/4963

Tejeda, M., Solís, J., Díaz, J., Peláez, A., Ayvar, S. & Mena, A., (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero Spodoptera frugiperda en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología Agrícola, 3*, 391−394.

Vásquez, C., Aponte, O., Morales, J., Sanabria, M. E. y García, G. (2008). Biological studies of Oligonychus punicae (Acari: Tetranychidae) on grapevine cultivars. *Experimental and Applied Acarology, 45*(1-2), 59–69. https://doi.org/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*(1), 42. https://doi.org/10.3390/insects13010042

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. *Journal of Insect Science, 15*(1), 137. https://doi.org/10.1093/jisesa/iev110