

Eficacia comparativa de tres formulaciones de azufre en el control del ácaro tostado (*Phyllocoptruta oleivora*) en mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*) var. Okitsu, en Cañete, Perú

Comparative efficacy of three sulfur formulations in controlling the olive mite (*Phyllocoptruta oleivora*) on Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) var. Okitsu, in Cañete, Peru

Prayor Silvert Casachagua Iñiguez
Universidad Nacional de Cañete
prayor777@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-7437-2740>

Roberto Coaquira Incacari¹
Universidad Nacional de Cañete
rcoaquira@undc.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0000-4960-3804>

Alexéi Armando Montero Ravelo
Universidad Nacional de Cañete
a_montero@undc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-4403-2157>

Recibido: 24/10/2025

Aceptado: 08/12/2025

Publicado: 12/12/2025

Resumen

El ácaro del tostado (*Phyllocoptruta oleivora*) se considera una plaga de importancia económica en los cítricos, ya que compromete la apariencia externa del fruto y disminuye su valor comercial, especialmente en mercados de exportación. Esta investigación comparó la efectividad de tres presentaciones de azufre (micronizado, polvo mojable y líquido) para el control de *P. oleivora* en mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*) var. Okitsu, en condiciones ambientales distrito de San Luis, Cañete (Perú). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones: T0 (testigo), T1 (azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L), T2 (azufre en polvo, 3 kg/200 L) y T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L), con 3 aplicaciones separadas por intervalos de 10 días. Se midió la incidencia del daño y la densidad poblacional del ácaro por fruto. El tratamiento T3 (azufre líquido) demostró la mayor eficacia, con una incidencia reducida al 7% y una media de 0.37 ácaros por fruto, alcanzando un 98% de control en la tercera aplicación. Esta superioridad se explica por su mejor distribución, adhesión y persistencia en la superficie del fruto, lo que permitió un control más homogéneo y duradero. Se concluye que el azufre líquido es una alternativa eficiente, sostenible y de bajo impacto ambiental para el manejo integrado de *P. oleivora* en mandarina, promoviendo una producción limpia y sistemas agrícolas competitivos para la exportación.

Palabras clave: azufre líquido, cítricos, manejo integrado de plaga, *Phyllocoptruta oleivora*, sostenibilidad agrícola.

¹ Autor de correspondencia

Abstract

The olive mite (*Phyllocoptruta oleivora*) is considered an economically important pest in citrus fruits, as it compromises the external appearance of the fruit and reduces its commercial value, especially in export markets. This study compared the effectiveness of three forms of sulfur (micronized, wettable powder, and liquid) for controlling *P. oleivora* in Satsuma mandarins (*Citrus unshiu*) var. Okitsu under environmental conditions in the district of San Luis, Cañete (Peru). The experimental design was a randomized complete block design with four treatments and three replicates: T0 (control), T1 (powdered sulfur, 0.150 kg/200 L), T2 (powdered sulfur, 3 kg/200 L), and T3 (liquid sulfur, 0.8 L/200 L), with three applications separated by 10-day intervals. The incidence of damage and the population density of the mite per fruit were measured. Treatment T3 (liquid sulfur) proved to be the most effective, with an incidence reduced to 7% and an average of 0.37 mites per fruit, achieving 98% control in the third application. This superiority is explained by its better distribution, adhesion, and persistence on the fruit surface, which allowed for more homogeneous and lasting control. It is concluded that liquid sulfur is an efficient, sustainable, and low environmental impact alternative for the integrated management of *P. oleivora* in mandarins, promoting clean production and competitive agricultural systems for export.

Keywords: liquid sulfur, citrus fruits, integrated pest management, *Phyllocoptruta oleivora*, agricultural sustainability.

1. Introducción

La citricultura peruana se ha posicionado como una de las actividades agroexportadoras más trascendentes, con especial énfasis en la región costera central, donde el clima favorece el desarrollo de frutos de alta calidad. En los últimos años, nuestro país está entre los primeros abastecedores mundiales de mandarina, accediendo a mercados exigentes como Estados Unidos, Europa y Asia (MINCETUR, 2018). No obstante, el incremento en la superficie cultivada y la intensificación de los sistemas productivos han generado un aumento en la presión de plagas. Entre estas, el ácaro tostado (*Phyllocoptruta oleivora*) se ha convertido en uno de los factores limitantes más importantes para la calidad y competitividad de la fruta. Según González-Cabrera et al. (2023), los acaricidas con base de azufre poseen actividad por contacto y cierto efecto fumigante, lo que amplía su eficacia frente a especies como *P. oleivora*. Este ácaro, de la familia Eriophyidae, se alimenta de las células de la epidermis foliar y del exocarpo de los frutos, produciendo un pardeamiento superficial que afecta negativamente su apariencia y valor comercial (Childers et al., 2020). Por ello, su control es crucial para garantizar la calidad requerida en los mercados internacionales.

Tradicionalmente, el manejo de esta plaga se ha realizado con acaricidas sintéticos. Sin embargo, Van

Leeuwen et al. (2015) advierten que el uso repetitivo de estos compuestos, sin una rotación adecuada de principios activos, puede inducir resistencia en las poblaciones del ácaro, además de dejar residuos en los frutos y afectar a la fauna benéfica. A esto se suma la tendencia de mercados a exigir productos inocuos, certificados y producidos bajo criterios de sostenibilidad, lo que ha impulsado la adopción de estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) con menor dependencia de insumos químicos (Darvish, 2025). En este escenario, Li et al. (2023) resaltan que el azufre ha recuperado interés como alternativa viable en programas de manejo ecológico, debido a su amplio espectro acaricida, baja toxicidad para mamíferos y rápida degradación ambiental, lo que lo hace compatible con los principios de la agricultura sostenible. Estudios recientes han confirmado su eficacia contra ácaros fitófagos en cultivos como vid, frutales y cítricos (Auger, 2003). Sin embargo, su efectividad puede variar según la formulación, concentración, tamaño de partícula, condiciones ambientales y frecuencia de aplicación (Midthassel et al., 2021). A pesar de su potencial, en el Perú son escasos los estudios que comparen experimentalmente la eficacia de diferentes presentaciones de azufre en condiciones de campo en cítricos. Vacacela-Ajila et al. (2019) documentaron la efectividad del azufre líquido en palma aceitera. Por otro lado, los mismos autores Vacacela-Ajila et al. (2019) destacaron su integración

en programas de MIP en cítricos del Mediterráneo. No obstante, la carencia de información local sobre su comportamiento en las condiciones edafoclimáticas de la costa central peruana restringe la capacidad de decisión de los productores y asesores técnicos. Por ello, este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia comparativa de tres presentaciones de azufre (pulverizado, polvo y líquido) en el control de *P. oleivora* en mandarina Satsuma, en condiciones de Cañete, Perú. Los resultados aportarán evidencia científica para optimizar estrategias de manejo integrado y fortalecer sistemas de producción sostenible orientados a la exportación.

2. Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo entre diciembre de 2021 y enero de 2022 en una parcela comercial de mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*) var. Okitsu, ubicada en distrito de San Luis, provincia de Cañete, departamento de Lima, Perú (13°03'56.77" S, 76°24'44.75" O; 23 m s. n. m.). El área se distingue por un clima árido cálido, con precipitaciones escasas, temperatura promedio de 22 °C y una humedad relativa media del 75%. El manejo agronómico de la parcela siguió las prácticas locales de fertilización, riego por goteo y control fitosanitario, exceptuando el manejo del ácaro del tostado, objeto de este estudio.

El **experimento** se estructuró bajo un diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Cada bloque se consideró una unidad experimental homogénea, conformada por plantas de características similares en edad y desarrollo vegetativo. Los tratamientos fueron los siguientes:

T0: Testigo sin aplicación.

T1: Azufre pulverizado (0,150 kg/200 L de agua).

T2: Azufre polvo mojabable (3,0 kg/200 L de agua).

T3: Azufre líquido (0,800 L/200 L de agua).

Variables evaluadas. Durante el ensayo se evaluaron las siguientes variables:

- **Incidencia de daño (%):** porcentaje de frutos que presentaron síntomas visibles de daño característico de *P. oleivora*.

- **Número de ácaros por fruto:** conteo promedio obtenido mediante observación directa con lupa estereoscópica (40×), utilizando muestras aleatorias de 10 frutos por unidad experimental.
- **Porcentaje de eficacia del control (%):** calculado mediante la fórmula de Henderson y Tilton (1955), considerando la variación poblacional de ácaros entre el tratamiento testigo y los tratamientos evaluados antes y después de cada aplicación. Los datos fueron analizados con ANOVA para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Si el resultado fue significativo ($p < 0.05$), se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para comparar las medias.

3. Resultados

En la Tabla 1 se observa que, antes del empleo de las tres presentaciones de azufre, Los tratamientos mostraron variaciones significativas en la incidencia del ácaro tostado ($p > 0.05$), con niveles comprendidos entre 75,0 % y 80,0 % en el testigo y los otros tratamientos (Figura 1).

Esto confirma la uniformidad de la infestación inicial y proporciona una línea base adecuada para evaluar los efectos de las presentaciones en las etapas posteriores del ensayo.

Tabla 1
Incidencia inicial del ácaro tostado en frutos con tres presentaciones de azufre.

Tratamientos	Media (%)
T0 (Sin aplicación)	75.00 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	80.00 a
T2 (Azufre en polvo, 3.0 kg/200 L)	78.00 a
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	80.00 a
Promedio	78.25
ANOVA (p-valor)	0.7583 (n.s.)
C.V. (%)	8.24

Figura 1

Incidencia del ácaro tostado antes del empleo de azufre.

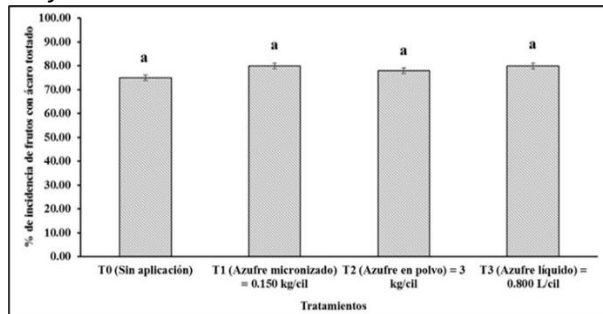
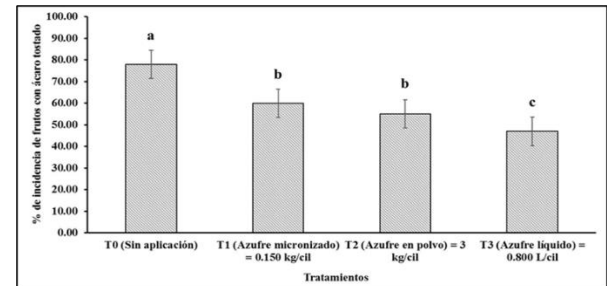


Figura 2

Incidencia del ácaro tostado en mandarina a 10 días después del azufrado.



Primera aplicación (10 días después del azufrado).

La Tabla 2 y la Figura 2 ilustran los resultados observados diez días después de realizar la primera aplicación. Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$), evidenciando un efecto diferencial en la reducción del ácaro del tostado. El tratamiento T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) presentó la menor incidencia (47.0 %), seguido de T2 (azufre en polvo, 3.0 kg/200 L) con 55.0 % y T1 (azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L) con 60.0 %, sin diferencias significativas entre estos dos últimos (Tukey, $\alpha = 0.05$). En contraste, el testigo (T0) mantuvo la mayor incidencia (78.0 %), confirmando la alta presión poblacional de la plaga.

Tabla 2

Incidencia del ácaro tostado en mandarina a 10 días después del azufrado.

Tratamientos	Media (%)
T0 (Sin aplicación)	78.00 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	60.00 b
T2 (Azufre en polvo, 3.0 kg/200 L)	55.00 b
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	47.00 c
Promedio	60.00
ANOVA (p-valor)	0.0022
C.V. (%)	7.21

Segunda aplicación (10 días después de la primera).

Diez días después de la segunda aplicación de las formulaciones de azufre, los resultados mostrados en la Tabla 3 y la Figura 3 revelaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$), reflejando una reducción desigual del ácaro del tostado. El tratamiento 3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) mostró la menor incidencia (28.0 %), seguido del tratamiento 2 (azufre polvo, 3.0 kg/200 L) con 37.0 % y el tratamiento 1 (azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L) con 40.0 %. El testigo (T0) presentó la mayor incidencia (85.0 %), significativamente superior al resto de tratamientos.

Tabla 3

Incidencia del ácaro tostado en mandarina a los 10 días del empleo de azufre.

Tratamientos	Media (%)
T0 (Sin aplicación)	85.00 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	40.00 b
T2 (Azufre polvo, 3.0 kg/200 L)	37.00 b
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	28.00 c
Promedio	47.50
ANOVA (p-valor)	0.0001
C.V. (%)	8.39

Figura 3

Efecto del azufre en la incidencia del ácaro tostado a 10 días post segunda aplicación.

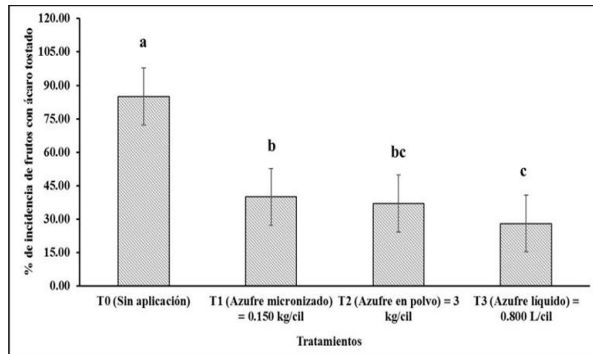
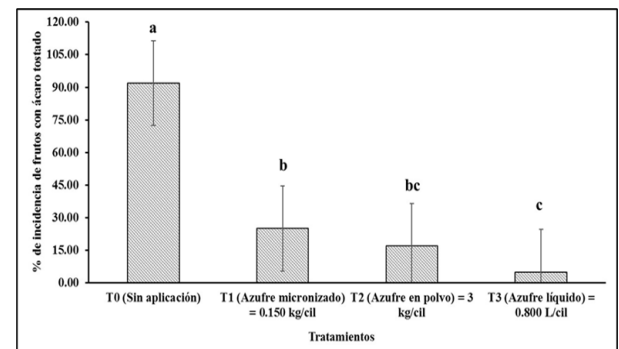


Figura 4

Incidencia del ácaro tostado en mandarina a los 10 días de la segunda aplicación de azufre.



Tercera aplicación (10 días después de la segunda).

En la Tabla 4 y Figura 4 se muestran los resultados 10 días después del tercer empleo de azufre. Se evidenciaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tratamientos en cuanto a la reducción del ácaro tostado (*Phyllocoptruta oleivora*). T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) presentó la menor incidencia (7.0 %), seguido de T2 (azufre polvo, 17.0 %) y T1 (azufre pulverizado, 25.0 %), mientras que el testigo (T0) alcanzó 92.0 %, evidenciando el crecimiento natural de la población sin control.

Tabla 4

Efecto de las presentaciones de azufre sobre la incidencia de ácaro tostado en mandarina, 10 días después de la segunda aplicación.

Tratamientos	Media (%)
T0 (Sin aplicación)	92.00 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	25.00 b
T2 (Azufre polvo, 3.0 kg/200 L)	17.00 bc
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	7.00 c
Promedio	35.25
ANOVA (p-valor)	<0.0001
C.V. (%)	9.87

Número de individuos del ácaro tostado en frutos de mandarina

Los resultados previos a la aplicación de las tres presentaciones de azufre se muestran en la Tabla 5 y en la Figura 5. Donde no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos número promedio de *Phyllocoptruta oleivora* por fruto ($p > 0.05$), con valores entre 11,41 y 13,56 ácaros: T0 (11,41), T1 (13,56), T2 (13,04) y T3 (13,18). Esta uniformidad inicial garantiza una base estadística sólida para evaluar los efectos posteriores de las presentaciones.

Tabla 5

Número de individuos del ácaro en frutos de mandarina antes de la aplicación de tres presentaciones de azufre.

Tratamientos	Media (ácaros/fruto)
T0 (Sin aplicación)	11.41 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	13.56 a
T2 (Azufre polvo, 3.0 kg/200 L)	13.04 a
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	13.18 a
Promedio	12.80
ANOVA (p-valor)	0.3229 (n.s.)
C.V. (%)	5.03

Figura 5

Número promedio de individuos del ácaro tostado en mandarina antes de aplicar las presentaciones de azufre.

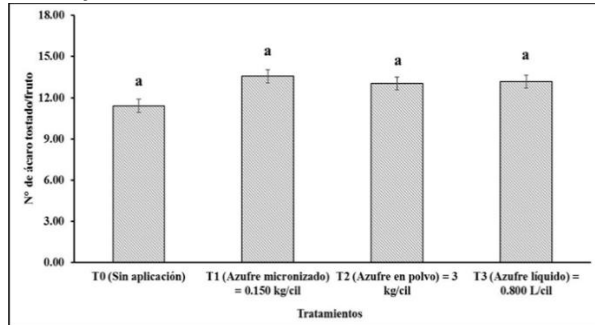
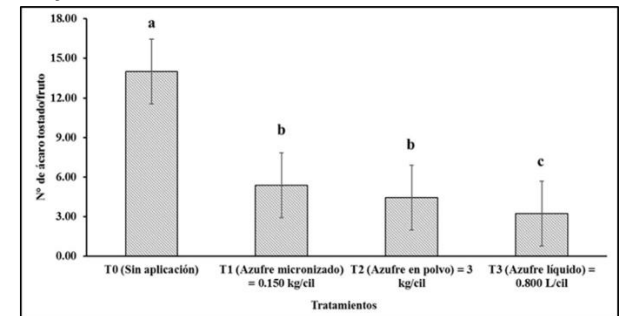


Figura 6

Número promedio de ácaros tostado en mandarina, 10 días tras el primer empleo de azufre.



Número de individuos del ácaro tostado

A los 10 días de la primera aplicación. Los resultados registrados diez días tras la primera aplicación de azufre se muestran en la Tabla 6 y la Figura 6. Donde se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) en el número promedio de *Phyllocoptruta oleivora* por fruto. T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) registró el menor promedio (3,22), seguido de T2 (4,44) y T1 (5,37), sin diferencias significativas entre estos dos últimos. El testigo (T0) presentó el valor más alto (14,00), reflejando el crecimiento natural de la población sin control.

Tabla 6

Número de individuos del ácaro tostado en mandarina, 10 días después de la primera aplicación de tres presentaciones de azufre.

Tratamientos	Media (ácaros/fruto)
T0 (Sin aplicación)	14.00 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	5.37 b
T2 (Azufre polvo, 3.0 kg/200 L)	4.44 b
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	3.22 c
Promedio	6.76
ANOVA (p-valor)	0.0013 (**)
C.V. (%)	6.14

Número de individuos del ácaro tostado

A los 10 días de la segunda aplicación. La Tabla 7 y la Figura 7 muestran los resultados obtenidos diez días después de la segunda aplicación de azufre, donde se evidenciaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tratamientos respecto al número promedio de *Phyllocoptruta oleivora* por fruto. T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) registró la menor población (1,15), seguido de T2 (2,43) y T1 (2,95), sin diferencias significativas entre estos dos últimos. El testigo (T0) alcanzó 15,00 individuos, evidenciando el crecimiento natural de la plaga sin control.

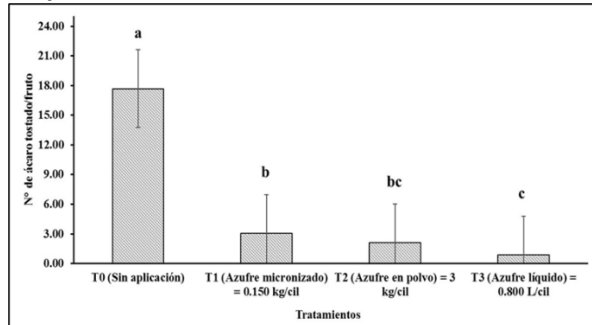
Tabla 7

Número de individuos del ácaro tostado en mandarina, 10 días después de la segunda aplicación de tres presentaciones de azufre.

Tratamientos	Media (ácaros/fruto)
T0 (Sin aplicación)	15.00 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	2.95 b
T2 (Azufre polvo, 3.0 kg/200 L)	2.43 b
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	1.15 c
Promedio	5.88
ANOVA (p-valor)	0.0001 (**)
C.V. (%)	7.65

Figura 7

Número promedio de ácaros tostado en mandarina, 10 días tras la segunda aplicación de azufre.



Número de individuos del ácaro tostado

Los resultados registrados diez días posteriores a la tercera aplicación de azufre se muestran en la Tabla 8 y la Figura 8. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), evidenciando la eficacia acumulativa de las presentaciones en el control de *Phyllocoptruta oleivora*. T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) presentó el menor promedio (0,37) con una eficacia del 98 % respecto al testigo, seguido de T2 (1,75) y T1 (2,12). El testigo (T0) alcanzó 18,50, evidenciando la rápida multiplicación del ácaro sin tratamiento.

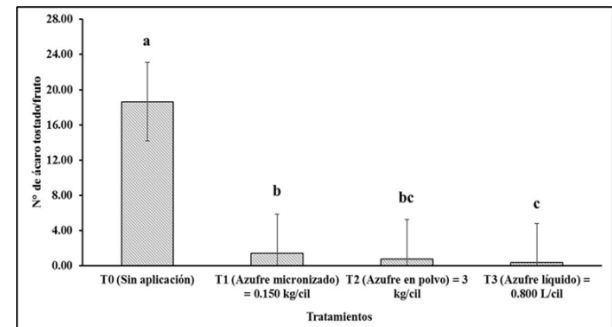
Tabla 8

Número de individuos del ácaro tostado en mandarina 10 días después de la tercera aplicación de tres presentaciones de azufre.

Tratamientos	Media (ácaros/fruto)
T0 (Sin aplicación)	18.50 a
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	2.12 b
T2 (Azufre polvo, 3.0 kg/200 L)	1.75 b
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	0.37 c
Promedio	5.69
ANOVA (p-valor)	<0.0001 (**)
C.V. (%)	8.92

Figura 8

Número promedio de ácaros tostado en mandarina 10 días tras el tercer empleo de azufre.



Porcentaje de eficacia de control y análisis general de resultados.

Los valores medios de eficacia de control (%) de las tres presentaciones de azufre frente a *Phyllocoptruta oleivora* durante el experimento se muestran en Tabla 9 y Figura 9. Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$). T3 (azufre líquido, 0.8 L/200 L) alcanzó la mayor eficacia (98 %), reduciendo la incidencia al 7 % y el número promedio a 0,37 individuos/fruto, seguido de T2 (91 %) y T1 (86 %). El testigo (T0) mostró eficacia nula, con aumento progresivo de la población, confirmando la efectividad de los tratamientos frente al crecimiento natural de la plaga.

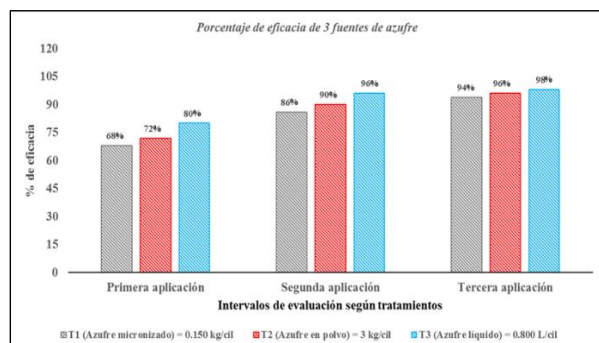
Tabla 9

Porcentaje de eficacia de tres presentaciones de azufre en el control del ácaro tostado en los frutos de mandarina Satsuma.

Tratamientos	Eficacia de control (%)
T0 (Sin aplicación)	0.00 d
T1 (Azufre pulverizado, 0.150 kg/200 L)	86.00 c
T2 (Azufre en polvo, 3.0 kg/200 L)	91.00 b
T3 (Azufre líquido, 0.8 L/200 L)	98.00 a
Promedio	68.75
ANOVA (p-valor)	<0.0001 (**)
C.V. (%)	5.11

Figura 9

Eficacia de control de presentaciones de azufre sobre el ácaro tostado en mandarina Satsuma.



4. Discusión

El empleo de las tres presentaciones de azufre mostró un efecto notable en la disminución de la incidencia y densidad poblacional de *Phyllocoptruta oleivora* en mandarina Satsuma, siendo la formulación líquida (T3) la que presentó el mejor desempeño. Estos hallazgos concuerdan con lo expuesto por Darvish (2025) y Childers et al. (2020), quienes atribuyen la superioridad del azufre líquido a su mayor capacidad de adhesión, cobertura foliar y penetración en los microhábitats del ácaro. Asimismo, la acción combinada de contacto y fumigación del azufre pudo potenciar la reducción poblacional observada, tal como señalan González-Cabrera et al. (2023) en sus investigaciones sobre acaricidas sulfurosos.

La disminución progresiva en el número de individuos a lo largo de las tres aplicaciones sugiere un efecto acumulativo del azufre, coincidiendo con Vacacela-Ajila et al. (2019) y Li et al. (2023), quienes demostraron que las aplicaciones sucesivas interrumpen el ciclo biológico del ácaro y reducen la reinfestación. Auger (2003) enfatiza que la eficacia del control depende de factores como la formulación, dosis y frecuencia de aplicación, los cuales deben ajustarse a las condiciones locales para optimizar resultados.

La eficacia del 98% lograda con el azufre líquido supera lo registrado por Correa et al. (2018) – quienes reportaron un 95% y se aproxima a los hallazgos de Vanaclocha-Vanaclocha et al. (2019), que obtuvieron entre 97% y 99% de control en

cítricos del Mediterráneo. Las diferencias entre estudios podrían ser a variaciones en las condiciones ambientales y métodos de aplicación, ya que Midthassel et al. (2021) señalaron que temperaturas elevadas y baja humedad relativa pueden reducir la actividad del azufre.

Desde la perspectiva del Manejo Integrado de Plagas (MIP), el uso de azufre constituye una opción sostenible que reduce la dependencia de acaricidas sintéticos, preserva la fauna benéfica y minimiza la acumulación de residuos en los frutos (Gonzales Cabrera et al., 2023). Diversos investigadores (Hoy, 2011 y McMurtry et al., 2013) han confirmado su compatibilidad con ácaros depredadores como los fitoseídos, lo que refuerza su valor en programas de MIP. Además, González-Cabrera et al. (2023) e Isman (2006) resaltan el efecto fumigante del azufre, que explica su eficacia en zonas de difícil acceso, fenómeno también observado en este estudio.

La incorporación del azufre en esquemas de rotación de acaricidas contribuye a prevenir la resistencia en poblaciones de ácaros, aspecto crucial para la sostenibilidad de los programas fitosanitarios (De Rouck et al., 2023).

En el contexto peruano, este enfoque se alinea con los objetivos nacionales de producción sostenible y promoción de exportaciones cítricas, impulsados por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR, 2018). Los resultados obtenidos respaldan la viabilidad del azufre como herramienta eficaz en esquemas de manejo ecológico, con potencial para fortalecer la competitividad del sector cítrico peruano en el mercado internacional.

5. Conclusiones

Las tres presentaciones de azufre evaluadas redujeron significativamente tanto la incidencia como la población del ácaro del tostado (*Phyllocoptruta oleivora*) en mandarina Satsuma (*Citrus unshiu* var. Okitsu). Entre ellas, el azufre líquido (0.8 L/200 L) mostró la mayor eficacia, con un 98% de control, reduciendo la incidencia al 7% y el promedio poblacional a 0.37 individuos por fruto después de la tercera aplicación. La superioridad de esta formulación se atribuye a su mejor distribución, adhesión y persistencia en la superficie del fruto,

factores que favorecen un control más uniforme y prolongado.

Las presentaciones en polvo y micronizada también resultaron efectivas, aunque con un rendimiento inferior, lo que indica que las características físicas del producto influyen directamente en su eficacia biológica.

El efecto acumulativo observado resalta la importancia de mantener una frecuencia de empleo adecuada y una calibración precisa de los equipos, con el fin de optimizar el control del ácaro y minimizar las reinfestaciones.

En conjunto, los resultados posicionan al azufre líquido como una alternativa ecológica, segura y económicamente viable, compatible con la conservación de enemigos naturales y los principios de la agricultura sostenible. Su inclusión en programas de MIP contribuye a reducir la dependencia de acaricidas sintéticos y a fortalecer los sistemas de producción limpia orientados a la exportación citrícola peruana.

6. Referencias

- Auger, P. (2003). Variations in acaricidal effect of wettable sulfur on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Effect of temperature, humidity and life stage. *Pest Management Science*, 59(3), 221–227. <https://doi.org/10.1002/ps.665>
- Childers, C. C., Rodrigues, J. C. V., & Welbourn, W. C. (2020). Host plants and damage of the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead). *Experimental and Applied Acarology*, 80(1), 17–31. <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00469-8>
- Correa, A., Osorio, R., Hernández, L., De la Cruz, E., Márquez, C., & Salinas, R. (2018). Control químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1340>
- Darvish, M. T. (2025). *Studying the effect of Liquid Sulfur SC 80% on cotton spider mite Tetranychus urticae (Koch) in cotton fields of Golestan Province*. <https://doi.org/10.11648/j.avs.20251303.12>
- Vanaclocha-Vanaclocha, V., Sáiz-Sapena, N., & Yanacocha, L. (2019). Sacroiliac joint pain: Is the medical world aware enough of its existence? Why not considering sacroiliac joint fusion in the recalcitrant cases? *Journal of Spine Surgery*, 5(3), 384–386. <https://doi.org/10.21037/jss.2019.06.11>
- González-Cabrera, J., García, M., & Sánchez, D. (2023). Fumigant and contact activity of sulfur-based acaricides. *Pest Management Science*, 79(4), 1452–1461. <https://doi.org/10.1002/ps.7332>
- Hoy, M. A. (2011). *Agricultural acarology: Introduction to integrated mite management*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10909>
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45–66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Li, F., Zhao, Y., & Zhang, J. (2023). Advances in sulfur-based acaricides for sustainable agriculture. *Crop Protection*, 167, 106078. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106078>
- McMurtry, J. A., de Moraes, G. J., & Sourassou, N. F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, 18(4), 297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
- Midthassel, A., Laumann, R., & Sæthre, M. G. (2021). Environmental effects on the efficacy of sulfur-based products in mite management. *Crop Protection*, 143, 105465. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105465>

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR]. (2018). *Perú es el principal exportador de mandarina, clementina y tangelo en América*. <https://www.mincetur.gob.pe/mincetur-peru-es-el-principalexportador-de-mandarina-clementina-y-tangelo-en-america/>

Sander De Rouck, E., İnâk, E., Dermauw, W., & Van Leeuwen, T. (2023). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 159, 103981. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2023.103981>

Vacacela-Ajila, H. E., Oliveira, E. E., Lemos, F., Haddi, K., Colares, F., Gonçalves, P. H. M., Venzon, M., & Pallini, A. (2019). Effects of lime sulfur on *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* and on *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science*. <https://doi.org/10.1002/ps.5608>

Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R., & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.12.009>