



*Evaluación de dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oídio (*Podosphaera aphanis* Wallr.) En cultivo establecido de fresa (*Fragaria* sp.)*

*Evaluation of elicitors and microorganisms in a mixture for the agroecological management of powdery mildew (*Podosphaera aphanis* Wallr.) in established cultivation of fresa (*Fragaria* sp.)*

*Avaliação dos elicitores e dos microrganismos em mistura para o manejo agroecológico do oídio (*Podosphaera aphanis* Wallr.) Em cultivo estabelecido de fresa (*Fragaria* sp.)*

Pablo Israel Álvarez-Romero^I
pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0743-5210>

Nicole Carolina Torres-Revelo^{II}
nicole.torres.revelo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8633-1502>

Daniel Arturo Román-Robalino^{III}
daniel.roman@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9172-3201>

Arturo Miguel Cerón-Martínez^{IV}
arturo.ceron@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2104-4590>

Correspondencia: pabloi.alvarez@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 de junio de 2024 * **Aceptado:** 29 de julio de 2024 * **Publicado:** 05 de agosto de 2024

- I. PhD en Ciencias en Fitopatología, Máster en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Mención en Mejoramiento y Sanidad Vegetal, Ingeniero Agrónomo, Profesor-Investigador en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniera Agrónoma, Investigadora Independiente, Ecuador.
- III. Magíster en Agricultura Sostenible, Ingeniero Agrónomo, Profesor-Investigador en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.
- IV. Magíster en Floricultura, Ingeniero Agrónomo, Profesor-Investigador en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oidio (*Podosphaera aphanis* Wallr) en el cultivo establecido de fresa (*Fragaria* sp.). Para ello se tomaron cuatro variedades de fresa: Monterey, San Andreas, Albión y Cabrillo, para cada variedad se implementaron 4 tratamientos: (T1) Control; (T2) Ácido salicílico al 3% con dosis de 1,3 cc/L de agua; (T3) Violeta de genciana al 1% con dosis de 1 cc/L de agua; (T4) *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* con dosis de 1,5 g/L de agua, con una frecuencia de cada 10 días por vía foliar. Los indicadores evaluados (cada 5 días durante 10 semanas de los frutos de las 4 plantas representativas de cada tratamiento) fueron: % de Incidencia, % de Severidad, Rendimiento total y Contenidos solubles. El mejor tratamiento que disminuyó el nivel de incidencia y la severidad de oidio en todas las variedades de fresa fue: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, el cual aumentó el rendimiento y el contenido de sólidos solubles en los frutos.

Palabras clave: *Trichoderma*; *Podosphaera*; *Bacillus*.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the elicitors and microorganisms in mixture for the agroecological management of powdery mildew (*Podosphaera aphanis* Wallr) in the established cultivation of fresa (*Fragaria* sp.). For this, four varieties of milling cutter were taken: Monterey, San Andreas, Albión and Cabrillo, for each variety 4 treatments were implemented: (T1) Control; (T2) 3% salicylic acid at a dose of 1.3 cc/L of water; (T3) Gentian violet at 1% with a dose of 1 cc/L of water; (T4) *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* at a dose of 1.5 g/L of water, with a frequency of every 10 days per foliar route. The indicators evaluated (every 5 days during 10 weeks of the fruits of 4 representative plants of each treatment) were: % Incidence, % Severity, Total Yield and Soluble Contents. The best treatment that reduced the level of incidence and severity of powdery mildew in all varieties of fruit was: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, which increased the yield and the content of soluble solids in the fruits.

Keywords: *Trichoderma*; *Podosphaera*; *Bacillus*.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar os elicitores e os microorganismos na mistura para a gestão agroecológica do oídio (*Podosphaera aphanis* Wallr) no cultivo estabelecido de fresa (*Fragaria* sp.). Para ele foram tomadas quatro variedades de fresa: Monterey, San Andreas, Albión e Cabrillo, para cada variedade foram implementados 4 tratamentos: (T1) Controlo; (T2) Ácido salicílico a 3% com uma dose de 1,3 cc/L de água; (T3) Violeta de genciana a 1% na dose de 1 cc/L de água; (T4) *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* com uma dose de 1,5 g/L de água, com uma frequência de 10 em 10 dias por via foliar. Os indicadores avaliados (cada 5 dias durante 10 semanas dos frutos das 4 plantas representativas de cada tratamento) foram: % de Incidência, % de Severidade, Rendimento total e Teor solúvel. O melhor tratamento que diminuiu o nível de incidência e a severidade de oídio em todas as variedades de fresco foi: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, el cual aumentou o rendimento e o teor de sólidos solúveis nos frutos.

Palavras-chave: *Trichoderma*; *Podosphaera*; Bacilo.

Introducción

En el paisaje agrícola ecuatoriano, Pichincha emerge como el epicentro de la producción de fresa, con extensiones de 400 ha dedicadas a su cultivo, seguido de cerca por Tungurahua, que alberga 240 ha de campos frutales. Aunque en provincias como Chimborazo Cotopaxi, Imbabura y Azuay, el cultivo de fresa no excede las 40 ha, su presencia es notable (Berkelman y Buehler 1990). Durante la última década, su crecimiento ha sido notoriamente prometedor, impulsado tanto por la adopción de tecnologías vanguardistas como por la introducción de nuevas variedades (Ivancovich et al., 1998). La fresa (*Fragaria* sp.), cultivada en diversas regiones del mundo, desde zonas tropicales hasta áreas templadas, es de gran importancia económica y social (Nakzawa y Uchida, 1998). La demanda de mano de obra para su producción y procesamiento, tanto en el campo como en la postcosecha y la industria, la convierte en un cultivo relevante a nivel social.

El oídio, causado por el hongo biótrofo *Podosphaera aphanis* (Wallr.), es la enfermedad más común en los cultivos de invernadero. Aunque puede ocurrir en cualquier etapa del ciclo de cultivo, su desarrollo se favorece en condiciones secas y temperaturas entre 20-25°C (Nakzawa y Uchida, 1998). La mayoría de los cultivares de fresa son muy susceptibles a la enfermedad y sólo muy pocos son tolerantes (Menzel, 2022). El patógeno afecta todas las partes aéreas de la planta, incluyendo hojas, pecíolos, flores y frutos, manifestándose como un polvillo blanco (Alcoba et al.,

2005). Las infecciones foliares reducen la fotosíntesis, causando necrosis y defoliación, lo que a su vez disminuye la producción de frutas. Las frutas afectadas pueden mostrar decoloración y deformación (Alcoba et al., 2005). El oídio de la fresa se controla principalmente con fungicidas sintéticos que se rocían regularmente desde la aparición de las primeras hojas hasta el final de la temporada de cosecha (Carisse et al., 2013). Este alto uso de fungicidas fomenta la acumulación de poblaciones resistentes de *P. aphanis* (Deresá y Diriba, 2023).

Este estudio tuvo como objetivo contribuir a la sostenibilidad con prácticas fitosanitarias más ecológicas como respuesta a la falta de métodos efectivos que reemplacen los fungicidas químicos. En este caso se ha empleado dos elicitors el Ácido salicílico (2%) el cual activa los mecanismos de defensa de las plantas frente a cualquier patógeno (Newhall, 2004), y Violeta de genciana (3%) que tiene efecto bactericida y fungicida (Rodríguez et al., 2007) por otra parte como microorganismos se empleó *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* los cuales se ha comprobado su acción antagonista inhibiendo el crecimiento y desarrollo de diversos hongos fitopatógenos.

Materiales and métodos

Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el invernadero ubicado en la Estación Experimental Tunshi (ESPOCH) perteneciente al cantón Riobamba provincia Chimborazo, Ecuador (coordenadas geográficas: longitud oeste 78°41' y latitud sur 1°39'). El sitio de estudio está ubicado a una altitud de 2735 m.s.n.m y tiene una temperatura máxima anual de 19°C, una temperatura mínima anual de 19°C y una precipitación de 738,07 mm, respectivamente.

Diseño del experimento

En este estudio, se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) por cada variedad (Monterey, San Andreas, Albión, Cabrillo) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales. El experimento se desarrolló en un área de 240 m², dividida en 16 camas experimentales de 15 m² (cada cama contenía 160 plantas), dejando una distancia de 60 cm entre camas para minimizar los efectos de borde. Los tratamientos y las frecuencias de aplicación estudiados se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos en la evaluación de dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oídio en el cultivo de fresa.

Tratamientos	Descripción	Dosis, aplicación y número de aplicaciones
T1	Testigo	Sin aplicación.
T2	Ácido salicílico (2%)	1,3 cc/L cada 10 días (Aplicación foliar); 8 aplicaciones.
T3	Violeta de genciana (3%)	1 cc/L cada 10 días (Aplicación foliar); 8 aplicaciones.
T4	<i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	1,5 gr/L cada 10 días (Aplicación foliar); 8 aplicaciones.

VARIABLES EVALUADAS

El porcentaje de incidencia (%I)

Se tomó de los frutos al inicio del ensayo de las 4 plantas representativas de cada tratamiento, cada 5 días después de dos días de la primera aplicación utilizando la siguiente fórmula:

$$\%I = (\text{Números de frutos enfermos}) / (\text{Total de frutos}) \times 100$$

El porcentaje de severidad (%S)

Se evaluó cada 5 días de las plantas seleccionadas y se utilizó como referencia la escala propuesta por (Palmer, 2007) (Tabla 2), quien describe la presencia y/o ausencia de micelio en la superficie del fruto, tal como se aprecia en la Tabla 2. Además, se utilizó la fórmula propuesta por McKinney, (1923) para obtener el índice promedio de la severidad (%S).

$$\%S = (\Sigma (\text{Grado de la escala} \times \text{Frecuencia})) / ((\text{Número total de unidades} \times \text{Grado máximo de la escala})) \times 100$$

Tabla 2: Niveles de la Escala de Severidad usada en el presente estudio.

Escala	Descripción	Fruto comercial
0	Sin micelio superficial en la superficie de la fruta.	Si
1	<25% de la superficie de la fruta con micelio	Si
2	25-50% de superficie de fruta con micelio	Si
3	51-75% de la superficie de la fruta con micelio	< 25% superficie del fruto con micelio

4	76-100% 50 superficie de fruta con micelio	No
5	Micelio en la superficie y agrietamiento epidérmico.	No
6	Polvoriento, agrietado y deformado	<25% de la superficie de la fruta con micelio

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

Se utilizaron los datos acumulados de la incidencia y la severidad de los frutos afectados por *Podosphaera aphanis* de cada uno de los tratamientos y se calculó mediante el método de integración trapezoidal (Shaner y Finney, 1977).

Rendimiento Kg/planta

Para evaluar el rendimiento kg/planta se pesaron los frutos de las plantas seleccionadas utilizando una balanza digital cada 5 días.

Contenidos solubles

Para este indicador se seleccionó al azar una fruta de las plantas seleccionadas de cada tratamiento y mediante un refractómetro portátil (Brixómetro) se evaluó los grados brix, este valor se lo expreso en porcentaje (%).

Análisis estadístico

Las variables incidencia, severidad, ABCPE, número de flores y frutos, y rendimiento en kg/planta fueron evaluadas mediante análisis de varianza y sus medias fueron comparadas con la prueba de Tukey al 5%. La normalidad y heterogeneidad de las varianzas de los datos obtenidos fueron verificadas utilizando la prueba de Shapiro Wilks al 5%. Se utilizó el programa *RStudio* Team para realizar los análisis.

Resultados y discusión

Incidencia

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, se observó que el porcentaje de la incidencia de oídio antes de las aplicaciones se visualizó en los frutos con presencia del micelio en la parte superficial de los frutos. Sargent, D., Buti, M., Šurbanovski, N., y Brurberg, M. B. (2019) mencionan que la incidencia de la enfermedad va a depender mucho de los factores climáticos y de la variedad ya que algunos son muy resistentes al oídio por ejemplo la variedad Cabrillo fue la más tolerante ante este patógeno. Por otro lado, Guzmán, A., Gusquí, R., y Inoue, H. (2015) señalan cuando los cultivos no son tratados pueden llegar a perder hasta el 100% de la producción por lo que recomienda tratar las plantas en los primeros síntomas de la enfermedad.

Tabla 3: Prueba de Tukey al 5% para la incidencia en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo de oídio, Var. Monterey.

Tratamientos	Incidencia (%) de Oídio					
	35 días		70 días		ABCPE	
	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos
T1: Testigo	66,66	a ¹	79,16	a	4706,25	a
T2: Ácido salicílico	35,41	b	0,00	b	2018,75	b
T3: Violeta de genciana	33,33	b	0,00	b	1912,50	b
T4: <i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	37,5	b	0,00	b	1966,67	b

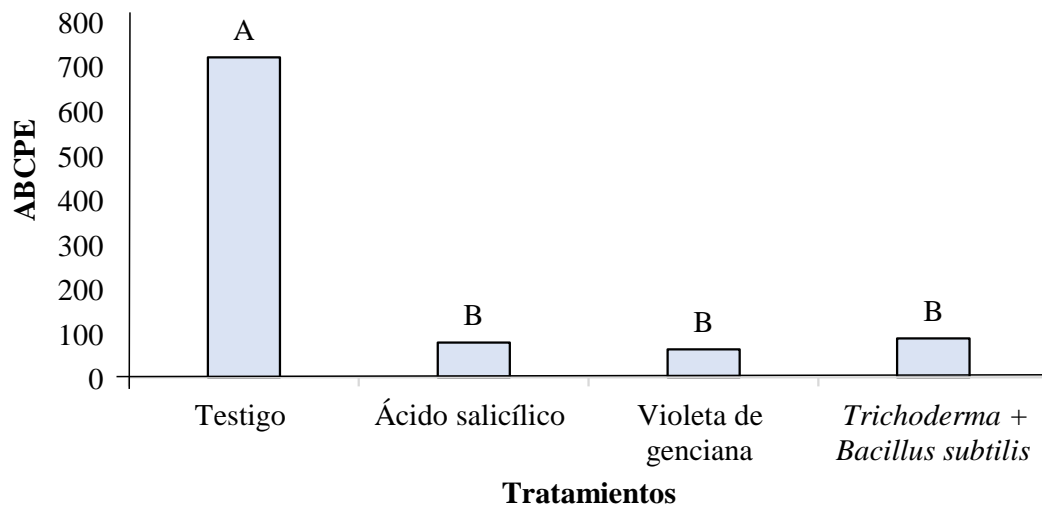
¹Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

Para la variedad Monterey, el análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p < 0,05$) en la incidencia de oídio entre los tratamientos a los 35 y 70 días posteriores a la aplicación (Tabla 3). Asimismo, el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) también mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). La prueba de Tukey al 5% confirmó estas diferencias, donde el testigo se ubicó en el primer rango A con una media de 66,66% para los 35 días y 79,16% para los 70 días, siendo este el tratamiento con la mayor incidencia relacionada al oídio. No obstante, las plantas tratadas con elicitores a base de: *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana se ubicaron con medias de 37,90%; 35,41% y 33,33%, para los 35 días y con 0,00 %

de incidencia para los 70 días, en este caso los tres tratamientos compartieron el mismo rango B (Tabla 3).

Para la variedad San Andreas, el análisis de varianza no reveló diferencias significativas en la incidencia de oidio ($p > 0,05$) entre los tratamientos a los 35 y 70 días después de la aplicación. Sin embargo, la ABCPE mostró diferencias significativas ($p < 0,05$). La prueba de Tukey identificó dos rangos de significancia para la ABCPE, donde los tratamientos con *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana tuvieron valores significativamente más bajos en comparación con el tratamiento testigo (Figura 1).

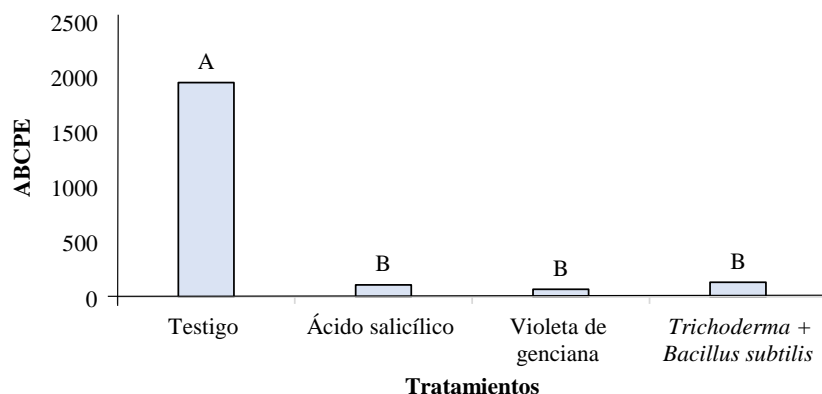
Figura 1: Prueba de Tukey al 5% para la ABCPE en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oidio, Var. San Andreas.



La prueba de Tukey al 5% para la variable Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) detectó dos rangos de significancia entre los tratamientos, donde el tratamiento testigo, con una media de 718,75 ubicó en el primer rango A, mientras que las plantas tratadas con, *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana con valores medias de 87,50; 77,08 y 62,50 de ABCPE, respectivamente compartieron el segundo rango B (Figura 1).

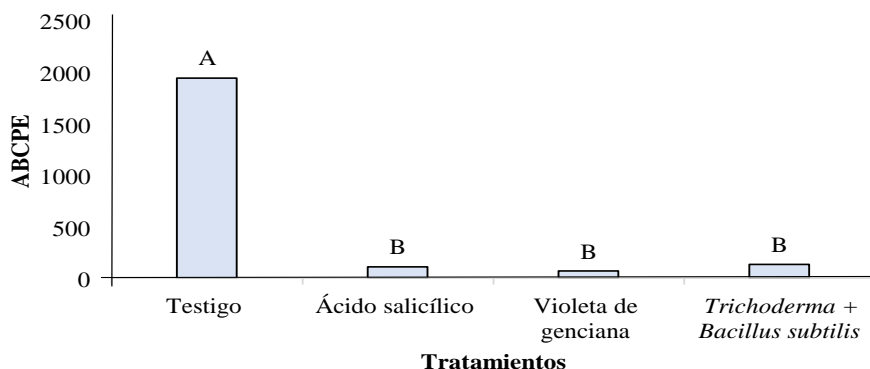
El análisis de varianza correspondiente a la variable incidencia de oidio en la variedad Albión, no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$), entre los tratamientos en las dos lecturas 35 y 70 días después de las aplicaciones (Figura 2). La variable, Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE), mostró diferencias significativas ($p < 0,01$) (Figura 2).

Figura 2: Prueba de Tukey al 5% para la ABCPPE en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oídio, Var. Albión.



La prueba de Tukey al 5% para la variable Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPPE), detectó dos rangos de significancia entre los tratamientos, donde el tratamiento testigo, con una media de 1943,75,63 ubicó en el primer rango A, mientras que los plantas tratados con *Trichoderma + Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana con valores medias de 133,33; 110,42 y 68,75 de ABCPPE, respectivamente compartieron el segundo rango B (Figura 2). Para la variedad Cabrillo, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p>0,05$) en la incidencia de oídio entre los tratamientos a los 35 y 70 días después de la aplicación. Sin embargo, la ABCPPE mostró diferencias altamente significativas en ambas variedades. La prueba de Tukey identificó dos rangos de significancia para la ABCPPE en ambas variedades, donde los tratamientos con elicitores tuvieron valores significativamente más bajos en comparación con el tratamiento testigo (Figura 3).

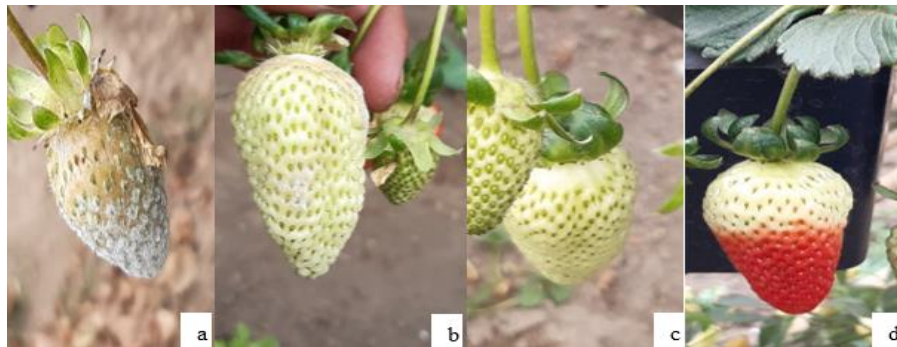
Figura 3: Prueba de Tukey al 5% para la ABCPPE en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oídio, Var. Cabrillo



La prueba de Tukey al 5% para la variable Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE), detectó dos rangos de significancia entre los tratamientos, donde el tratamiento testigo con una media de 1954,16 ubicó en el primer rango A, mientras que las plantas tratadas con, *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana con medias de 87,50; 77,08 y 50,00 de ABCPE, respectivamente compartieron el segundo rango B (Figura 3).

Severidad

Figura 4. Niveles de severidad de oidio (%). Superficie de la fruta con 50 % de micelio (a). Superficie de la fruta con 10 % de micelio (b). Sin micelio superficial de la fruta (c-d).



Los síntomas asociados con la severidad (%) de oídio mostraron diferentes niveles de daño según los tratamientos utilizados (Figura 4). Tapia, Granados y Avelino, (2013) confirman que existen algunos métodos para evaluar el porcentaje de daño, para este caso se utilizó la escala propuesta por Palmer (2007). Por otro lado, Julca, Carhuallanqui, y Crespo (2002) menciona que la severidad es el porcentaje del órgano, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad. Palmer (2007), argumenta, en su tabla de escala visual para evaluar la severidad, cuando la severidad es superior a 75% la fruta no es comercial.

Tabla 4: Prueba de Tukey al 5% para la severidad en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oídio, Var. Monterey.

Tratamientos	Severidad (%) de Oídio					
	35 días		70 días		ABCPE	
	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos	Medias (%)	Rangos

T1: Testigo	54,16	a ¹	63,88	a	3712,15	a
T2: Ácido salicílico	19,79	b	0,00	b	1392,65	B
T3: Violeta de genciana	23,61	b	0,00	b	1336,45	B
T4: <i>Trichoderma</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	24,30	b	0,00	b	1499,65	B

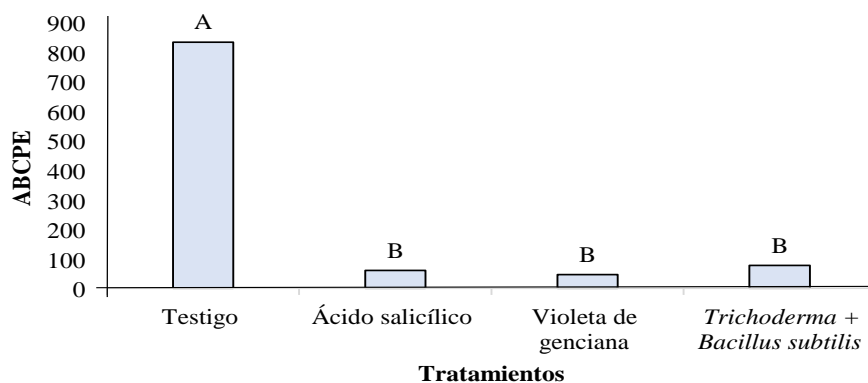
¹Medias con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$).

En la variedad Monterey, el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en la severidad de oídio entre los tratamientos a los 35 y 70 días después de las aplicaciones. Además, la Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) también mostró diferencias altamente significativas (Tabla 4). La prueba de Tukey reveló dos rangos de significancia, donde el tratamiento testigo exhibió la mayor incidencia de oídio, mientras que los tratamientos con elicitores mostraron reducciones significativas en la severidad del oídio.

Para la variedad San Andreas, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas en la incidencia de oídio entre los tratamientos a los 35 y 70 días después de las aplicaciones, respectivamente. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la ABCPE. Esto sugiere que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en esta variedad.

En la variedad Albión, el análisis de varianza no reveló diferencias significativas en la incidencia de oídio entre los tratamientos a los 35 y 70 días después de la aplicación. Sin embargo, la ABCPE mostró diferencias altamente significativas (Figura 5). La prueba de Tukey identificó dos rangos de significancia, donde los tratamientos con elicitores exhibieron valores significativamente más bajos de ABCPE en comparación con el tratamiento testigo (Figura 5).

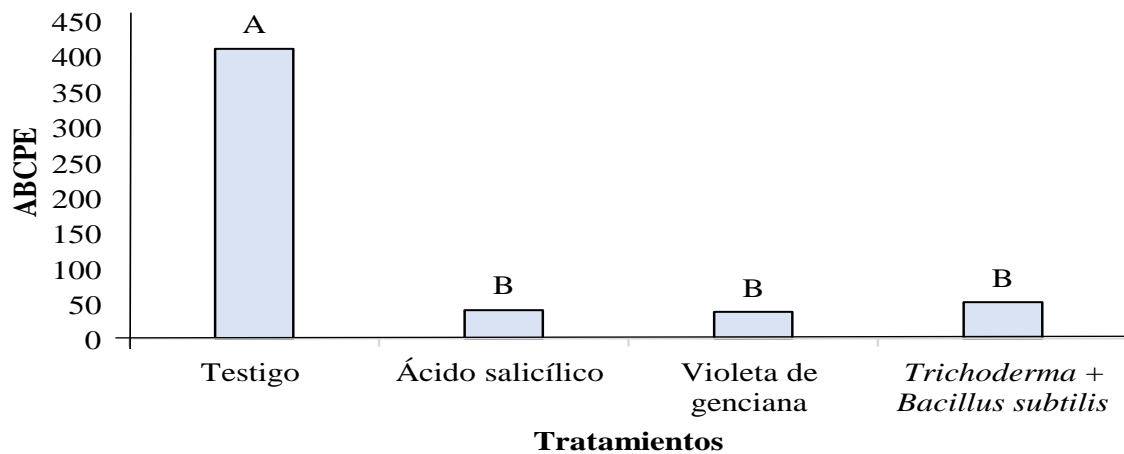
Figura 5: Prueba de Tukey al 5% para la severidad en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oídio, Var. Albión.



La prueba de Tukey al 5% para la variable Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE), detectó dos rangos de significancia entre los tratamientos, donde el tratamiento testigo, con una media de 832,63 ubicó en el primer rango A, mientras que los frutos tratados con, *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana con valores medias de 76,38; 60,41; 45,83 de ABCPE, respectivamente compartieron el segundo rango B (Figura 5).

Para la variedad Cabrillo, no se encontraron diferencias significativas en la incidencia de oidio entre los tratamientos a los 35 y 70 días después de las aplicaciones, respectivamente. Sin embargo, la ABCPE mostró diferencias altamente significativas. La prueba de Tukey identificó dos rangos de significancia, donde los tratamientos con elicitores exhibieron valores significativamente más bajos de ABCPE en comparación con el tratamiento testigo (Figura 6).

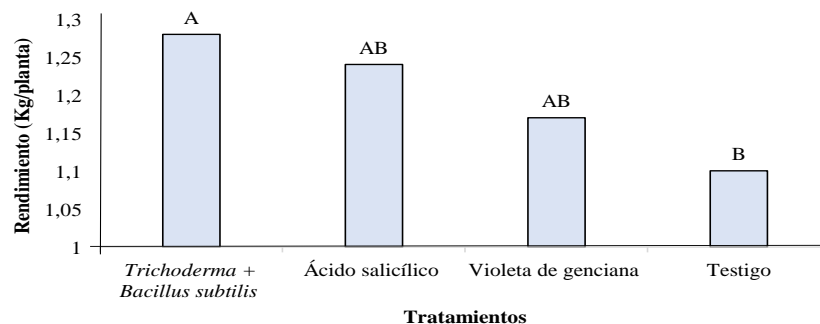
Figura 6: Prueba de Tukey al 5% para la severidad en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el manejo agroecológico de oidio, Var. Cabrillo.



La prueba de Tukey al 5% para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), detectó dos rangos de significancia entre los tratamientos, donde el tratamiento testigo, con una media de 409,72 ubicó en el primer rango A, mientras que las plantas tratadas con *Trichoderma* + *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y violeta de genciana con valores medias de 51,80; 40,62 y 37,5 de ABCPE, respectivamente compartieron el segundo rango B (Figura 6).

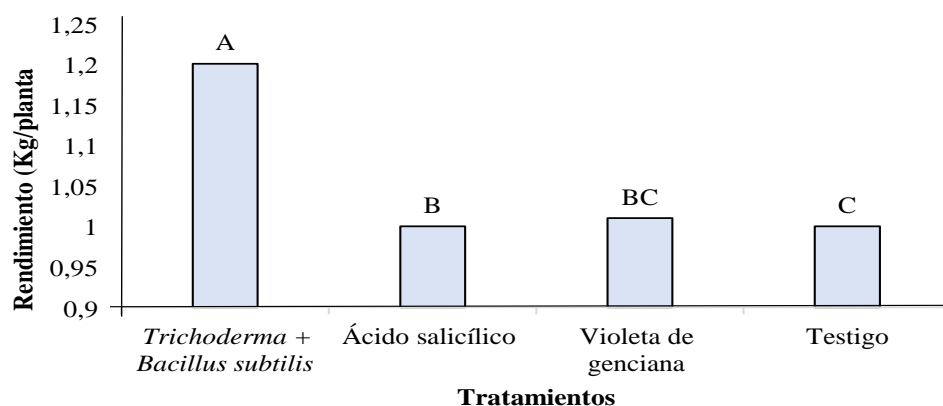
Rendimiento

Figura 7: Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oídio, Var. Monterey.



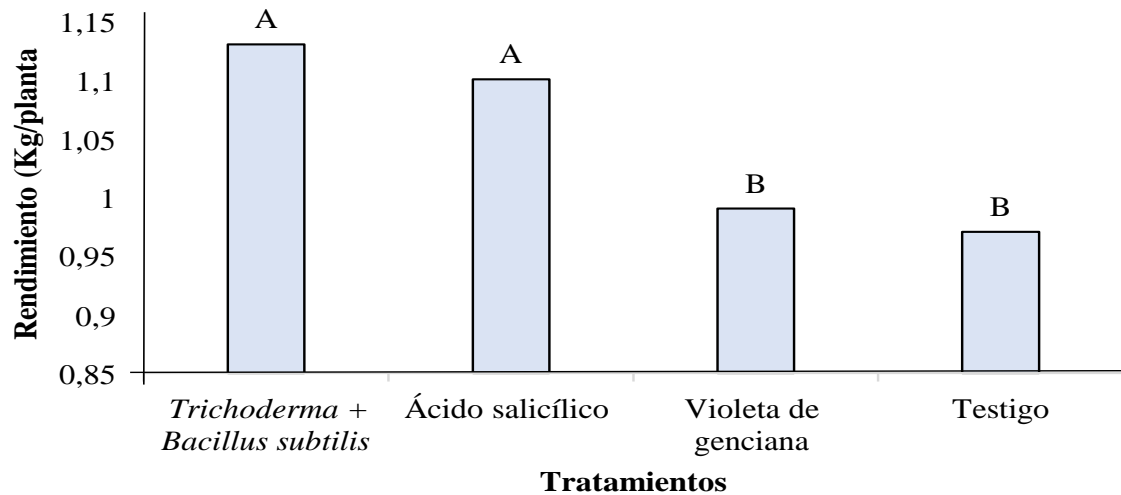
El análisis de varianza para la variable rendimiento total (Kg/planta) en la variedad Monterey reveló diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. La prueba de Tukey identificó tres rangos de significancia, donde el tratamiento con *Trichoderma + Bacillus subtilis* mostró el mayor rendimiento seguido por los tratamientos con ácido salicílico y violeta de genciana, mientras que el testigo tuvo el rendimiento más bajo (Figura 7). Ubicándose en el primer rango A al tratamiento *Trichoderma + Bacillus subtilis* con una media de 1,28 Kg/planta, igualmente, en el rango AB se ubicó a los tratamientos con Ácido salicílico y Violeta de genciana con medias de 1,24 Kg/planta y 1,17 Kg/planta, finalmente en el último rango se ubicó el testigo absoluto con una media de 1,10 Kg/planta (Figura 7).

Figura 8: Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oídio, Var. San Andreas.



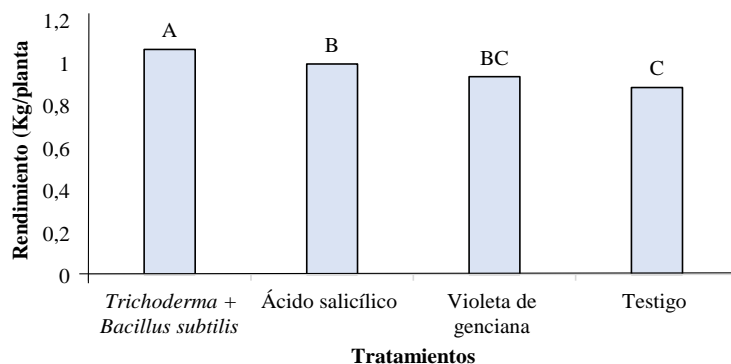
Para la variedad San Andreas, el análisis de varianza también mostró diferencias significativas entre los tratamientos en el rendimiento total. La prueba de Tukey reveló cuatro rangos de significancia, donde el tratamiento con *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* tuvo el rendimiento más alto seguido por el tratamiento con ácido salicílico, mientras que el testigo tuvo el rendimiento más bajo (Figura 8). Ubicándose en el primer rango (A) al tratamiento *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* con una media de 1,20 Kg/planta, seguido al tratamiento con Ácido salicílico, ubicándose en segundo (B) con una media de 1,09 Kg/planta. La violeta de genciana compartió el tercer rango (BC) con una media de 1,01 Kg/planta. Y por último (C) se ubicó al tratamiento testigo con una media de 1,00 Kg/planta (Figura 8).

Figura 9: Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oidio, Var. Albión.



En la variedad Albión, el análisis de varianza mostró diferencias significativas en el rendimiento total entre los tratamientos. La prueba de Tukey identificó dos rangos de significancia, donde los tratamientos con *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* y ácido salicílico tuvieron los rendimientos más altos, seguidos por los tratamientos con violeta de genciana y el testigo. Ubicándose en el primer rango A los tratamientos *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* y el Ácido salicílico con valores medias de 1,13 Kg/planta y 1,10 Kg/planta. En el segundo rango B se ubicaron los tratamientos con violeta de genciana y el testigo con valores medios de 0,99 Kg/planta y 0,97 Kg/planta respectivamente (Figura 9).

Figura 10: Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oídio, Var. Cabrillo.

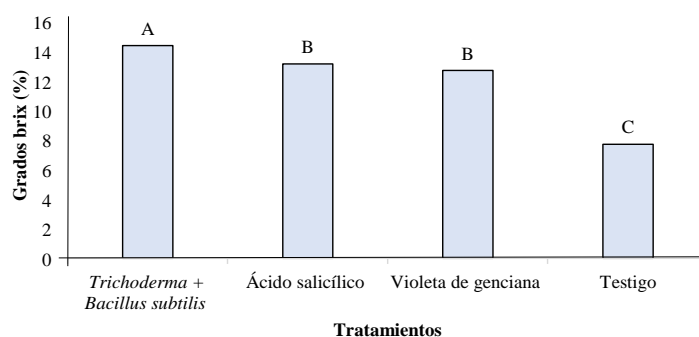


Finalmente, para la variedad Cabrillo, el análisis de varianza también mostró diferencias significativas en el rendimiento total entre los tratamientos. Esto indica que los tratamientos tuvieron un impacto significativo en el rendimiento de esta variedad. En la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento por planta en la Var. Albión, detectó cuatro rangos de significancia entre los tratamientos, ubicándose en el primer rango A el tratamiento *Trichoderma + Bacillus subtilis* con una media de 1,06 Kg/planta. En el segundo rango B se ubicó al tratamiento con Ácido salicílico con una media de 0,99 Kg/planta. El tratamiento violeta de genciana compartió el rango BC con una media de 0,93 Kg/planta. Y por último el tratamiento testigo se ubicó en tercer rango C con una media de 0,88 Kg/planta (Figura 10).

Sólidos Solubles Totales (SST)

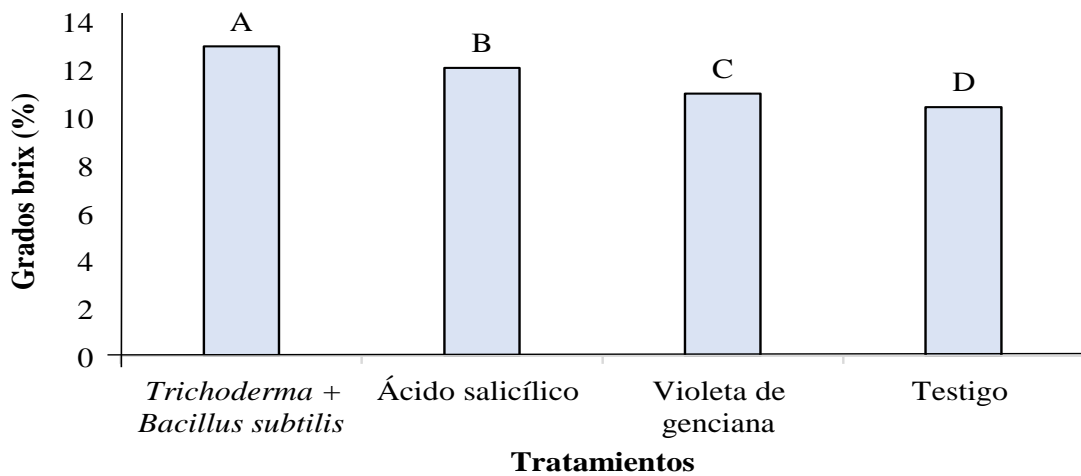
El análisis de varianza correspondiente a la variable rendimiento de cuarta categoría, mostró diferencias estadísticas altamente significativos a nivel de ($p < 0,01$) entre los tratamientos.

Figura 11: Prueba de Tukey al 5% para los sólidos solubles totales en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oídio, Var. Monterey.



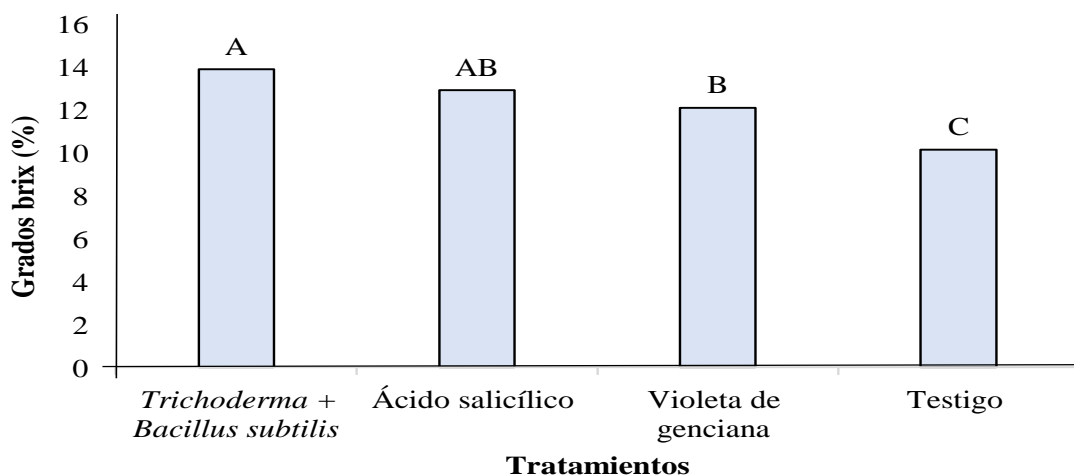
Mediante la prueba de Tukey al 5% para la variable Sólidos Solubles Totales (SST), detectó tres rangos de significancia entre los tratamientos, ubicándose en el primer rango A al tratamiento *Trichoderma + Bacillus subtilis* con una media de 14,40 de grados brix, seguidos los tratamientos con Ácido salicílico y Violeta de genciana, ubicándose en segundo rango B con una media de 13,17 y 12,72 grados brix, respectivamente. En el tercer rango C se ubicó el tratamiento testigo con una media de 7,72 de grados brix (Figura 11).

Figura 12: Prueba de Tukey al 5% para los sólidos solubles totales en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oidio, Var. San Andreas.



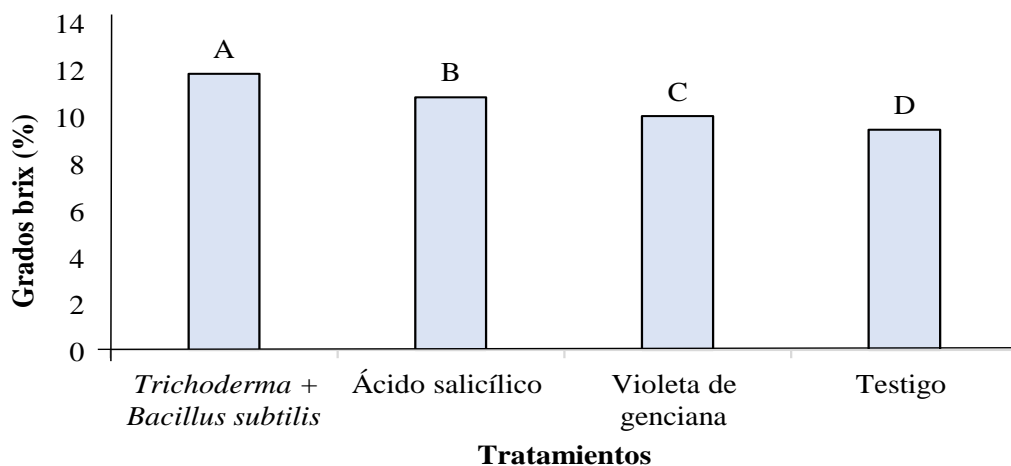
Mediante la prueba de Tukey al 5% para la variable Sólidos Solubles Totales (SST), detectó cuatro rangos de significancia entre los tratamientos, ubicándose en el primer rango A al tratamiento *Trichoderma + Bacillus subtilis* con una media de 12,93 de grados brix, seguido el tratamiento con Ácido salicílico, ubicándose en segundo rango B con una media de 12,04 de grados brix. En el tercer rango C se ubicó el tratamiento con Violeta de genciana con una media de 10,97 de grados brix. Y por último como cuarto rango D se ubicó al tratamiento Testigo con una media de 10,40 de grados brix (Figura 12).

Figura 13: Prueba de Tukey al 5% para los sólidos solubles totales en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oídio, Var. Albión.



La prueba de Tukey al 5% para la variable Sólidos Solubles Totales (SST), detectó cuatro rangos de significancia entre los tratamientos ubicándose en el primer rango A al tratamiento *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* con una media de 11,81 de grados brix, El segundo rango AB ocupó el tratamiento con Ácido salicílico con una media de 10,81 de grados brix. En el tercer rango B se ubicó al tratamiento con Violeta de genciana con una media de 10,00 de grados brix. Y como cuarto rango C se ubicó al tratamiento Testigo con una media de 9,43 de grados brix (Figura 13).

Figura 14: Prueba de Tukey al 5% para los sólidos solubles totales en plantas tratadas con dos elicitores y dos microorganismos en mezcla para el control de oídio, Var. Cabrillo.



La prueba de Tukey al 5% para la variable Sólidos Solubles Totales (SST), detectó cuatro rangos de significancia entre los tratamientos ubicándose en el primer rango A al tratamiento *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* con una media de 11,81 de grados brix, El segundo rango B ocupó el tratamiento con Ácido salicílico con una media de 10,81 de grados brix. En el tercer rango C se ubicó al tratamiento con Violeta de genciana con una media de 10,00 de grados brix. Y como cuarto rango D se ubicó al tratamiento Testigo con una media de 9,43 de grados brix (Figura 14).

De los tratamientos más efectivos en todas las variedades la combinación de *Trichoderma* y *Bacillus* fue la que sobresalió al resto, según Saeedi (1984), *Trichoderma* actúa como un parásito de muchos hongos fitopatógenos, lo primero que hace este hongo es reconocer al patógeno, luego se adhiere a sus hifas y se enrolla en ellas, sintetizando enzimas que degradan la pared celular y endoquitinasas fungitóxicas, por último, las hifas de *Trichoderma* spp. penetran en el hongo fitopatógeno y se alimentan de sus contenidos celulares, evitando así el crecimiento del micelio. De acuerdo con Parker (2004) *Bacillus subtilis* es una bacteria que inhibe la germinación de esporas de varios patógenos de importancia agrícola, produciendo enzimas líticas y toxinas promoviendo la resistencia sistémica inducida. El ácido salicílico como señala Newhall (2010) activa los mecanismos de defensa de las plantas frente a cualquier patógeno a través de mecanismos de resistencia sistémica adquirida. Mientras que la violeta de genciana dicho con palabras de Rodríguez et al., (2007). en concentraciones pequeñas actúa como fungicida y bactericida en las plantas.

En el presente estudio el ácido salicílico tuvo un efecto importante en algunas variables y algunas variedades por lo cual Beckers (2017) hace referencia a que la aplicación de ácido salicílico en la inducción de resistencia a *Podosphaera aphanis*, puede ser una medida útil y prometedora para controlar las enfermedades fúngicas, utilizando las concentraciones adecuadas. Así mismo Columnare et al., (2009) menciona al ácido salicílico como un componente nutritivo producido por las plantas a nivel de metabolismo secundario que posee la capacidad de inducir resistencia a los ataques de cualquier patógenos.

Según Kulimushi, et al., (2018) las plantas de fresa en la variedad Monterey, Albión y Oso grande en las que los suelos fueron tratados con 12 Kg/ha de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp suprimió eficazmente la enfermedad de oídio y aumentaron el rendimiento de los frutos en un 35% 30% y 16% que las plantas no tratadas. Como señalan Ruiz, et al., (2018) las especies de *Trichoderma* promueven el crecimiento de los pelos absorbentes y raíces alimenticias, mejorando la absorción

de nutrientes y agua aumentando el rendimiento. Sharma, et al., (2017) agregan que las especies de *Trichoderma* aumenta el rendimiento al producir fitohormonas y al aumentar la disponibilidad de fosfatos y otros minerales para el metabolismo de las plantas.

Gaitán (2016) realizó su investigación en el cultivo de fresa Var. San Andreas, empleando dos especies de *Trichoderma*, con una dosis de 2 g/L de agua durante 4 semanas con una frecuencia de una aplicación por semana, como resultado se obtuvo que no existió diferencias significativas entre los dos tratamientos, sin embargo, señala que obtuvieron mejores desarrollos las plantas y con altos rendimiento en comparación con las plantas no tratadas. Esto se debe según, Ortuño, Miranda y Claros (2013) que las especies de *Trichoderma* produce sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o promotores de los meristemas primarios favoreciendo su reproducción celular, haciendo que las plantas crezcan más rápido y con mejores rendimientos. Por su parte Chávez y Wang (2004) reportaron que aplicaciones semanales dirigidas al follaje y fruto con Ácido salicílico con una dosis de 2 mL/L de agua, no solo obtuvieron frutas sanas, sino que también alzaron mayores rendimientos en comparación con las plantas no tratadas. Según Hamahmy (2015) explica que el ácido salicílico (AS) en algunas plantas como Fresa, melón, sandía, tomate etc. Incrementa el crecimiento radical, lo cual favorece la absorción de nutrientes y agua.

Mena et al., (2018) afirman que la aplicación de *Bacillus subtilis* por vía foliar en el cultivo de fresa, variedad Albión, aumentó el tamaño y el peso del fruto, mayor rendimiento, resistencias a organismos degradantes, mayor firmeza y con alto contenido de brix, los mismos autores mencionan que hay efectos positivos en la calidad y desarrollo de frutos aparte de la fresa, como en melón. Olivar (2009) realizó experimento utilizando *Trichoderma* sp en el cultivo de fresa Var. Cabrillo, con una dosis de 0,25 g/planta durante 2 meses, la aplicación se realizó cada 15 días. Los resultados obtenidos fueron mayor desarrollo de las plantas con mayor rendimiento de frutos. Gonzáles (2019) comparó el desarrollo de rendimiento de varias plantas en el cultivo de fresa Var. Cabrillo con y sin aplicación de *Trichoderma*. Mediante sus estudios demostró que *Trichoderma* no solo protege a la planta de las enfermedades, sino que estimula su crecimiento y la absorción de nutrientes mejorando su rendimiento.

Los presentes resultados en cuanto a la sanidad y parámetros productivos respaldan la hipótesis que el uso de elicitores y microorganismos pueden usarse como alternativas agroecológicas para el manejo integrado de oidio en fresa.

Conclusiones

Las aplicaciones combinadas de elicitores y microorganismos en dosis específicas demostraron una eficacia superior en el control de la incidencia del oidio en el cultivo de fresas, así como en la reducción de su severidad, lo que condujo a una mejora en la producción de las plantas.

En términos de rendimiento, se observó que el tratamiento basado en *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* fue el más efectivo en tres de las variedades de fresas evaluadas, con producciones de 1,28 Kg/planta para Monterey, 1,20 Kg/planta para San Andreas, y 1,06 Kg/planta para Cabrillo. En el caso de la variedad Albión, los mejores resultados se obtuvieron tanto con el tratamiento de *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* como con ácido salicílico, con rendimientos de 1,13 Kg/planta y 1,10 Kg/planta respectivamente.

En relación con los sólidos solubles totales (SST), se observó que el tratamiento de *Trichoderma* + *Bacillus subtilis* fue el más efectivo en todas las variedades, obteniendo los siguientes grados Brix: 14,40 para Monterey, 12,93 para San Andreas, 13,81 para Albión y 11,81 para Cabrillo.

Referencias

1. Alcoba, N. J., Bejarano, N., & Catacata, J. R. (2005). Enfermedades del cultivo de fresa (2ª ed.). Jujuy-San Salvador: Universidad Nacional de Jujuy.
2. Alvarado-Cepeda, Y. A., Mendoza-Villarreal, R., Sandoval-Rangel, A., Vega-Chávez, J. L., & Franco-Gaytán, I. (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. RIIIT. Revista internacional de investigación e innovación tecnológica, 8(43), 18-29.
3. Beckers, G. J. M., & Spoel, S. H. (2006). Finetuning plant defence signalling: Salicylate versus jasmonate. In *Plant Biology*, 8, 1-10.
4. Berkelman, R. L., & Buehler, J. W. (1990). Public health surveillance of non-infectious chronic diseases: The potential to detect rapid changes in disease burden. *International Journal of Epidemiology*.
5. Cano, M., Darghan, A., & Cuervo, J. (2023). Temporal distribution of *Botrytis cinerea* and its relationship to the production of strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch., Monterrey

- variety) subjected to biological treatments with microbial antagonists. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 17(1), e15284.
6. Carisse, O., Lefebvre, A., Van der Heyden, H., Roberge, L., & Brodeur, L. (2013). Analysis of incidence-severity relationships for strawberry powdery mildew as influenced by cultivar, cultivar type, and production systems. *Plant Disease*, 97(3),
 7. Chávez, R., & Wang, G. (2004). *Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe*. Argentina - Buenos Aires: Wagner Bettiol.
 8. Chet, I., & Benhamou, S. H. (1998). Mycoparasitism and lectin enzymes. In G. E. Harman & C. P. Kubice (Eds.), *Trichoderma & Gliocladium: Enzymes, biological control and commercial applications* (Vol. 2, pp. 153-152). London, UK: Taylor & Francis Ltd.
 9. Columnare Ell, C., laxum Ell, E. G., solimani Speg, C., puttemansii Henn, A., & sthulmanri Henn, C. (2009). La antracnosis y la mancha angular del fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(39), 45-54.
 10. Deresa, E. M., & Diriba, T. F. (2023). Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. *Heliyon*, 9(3), e13810.
 11. Figueroa, S. D., Guerrero, C. J., & Bensch, T. E. (2010). Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en poscosecha de arándano alto (*Vaccinium Corymbosum* L.), cvs. berkeley, brigitta y elliot durante la temporada 2005-2006. *Idesia (Arica)*, 28(1), 79-84.
 12. Gaitán, S. (2016). Effect of two *Trichoderma* strains on *Botrytis cinerea* control and fruit quality for the strawberry (*Fragaria* sp.). *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 8(1), 21.
 13. González, C. (2019). *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Biotecnología Vegetal*, 19(4), 13.
 14. Guzmán Gualancañay, A., Gusqui mata, R., Morán Falconí, N., & Inoue, H. (2015). Manejo Integrado del Cultivo de Cebada y Trigo (*Hordeum Vulgare*) y (*Triticum Aestivum*). (GADPCH, Ed.) *Guía Técnica 1. Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chimborazo "Minga Sumak Kawsay"*, 44.

15. Hamahny, L. (2015). Effect of salicylic acid on root growth and total biomass of wheat seedlings. *Terra Latinoam*, 7.
16. Ivancovich, A., Botta, G., Ploper, D. A., Laguna, I., & Annone, J. G. (1998). *IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja*. Pergamino, Buenos Aires, Argentina: EEA INTA Pergamino.
17. Jamil Shafi, H., Tian, H., & Ji, M. (2017). *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: A review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(3), 446-459. DOI: 10.1080/13102818.2017.1286950
18. Julca, A., Carhuallanqui, R., & Crespo, R. (2002). Evaluación de enfermedades foliares en café var. Catimor en Villa Rica, selva central del Perú. *Resúmenes del XVII Congreso Peruano de Fitopatología*, pp: 24.
19. Keswani, C., Mishra, S., Kumar, B., et al. (2013). Unraveling the efficient applications of secondary metabolites of various *Trichoderma* spp. *Applied Microbiology Biotechnology*, 98(2), 533–534.
20. Kleinhenz, M. (2014). *Using Brix as an Indicator of Vegetable Quality: An Overview of the Practice*. Ohio: OSU.
21. Kulimushi, P. Z., Chuma Basime, G., Mushagalusa Nachigera, G., Thonart, P., & Ongena, M. (2018). Efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* as biocontrol agent to fight fungal diseases of maize under tropical climates: from lab to field assays in south Kivu. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29808–29821. doi: 10.1007/s11356-017-9314-9
22. Larson, F. (2016). Strawberry plant named Cabrillo. *American Scientist*.
23. Llahuen, D. T. (2014). *CULTIVO DE LA FRUTILLA: ESTABLECIMIENTO Y POST-PLANTACIÓN*.
24. McKinney, H. (1923). Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by Helmin. *Journal of Agricultural Research*, 26, 195.
25. Mena, L., Mendoza, K., & Lalde, R. (2018). Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de fresa (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (Ehrenberg). *Agrociencia*, 85(2), 13.
26. Menzel, C. M. (2022). A review of powdery mildew in strawberries: The resistance of species, hybrids and cultivars to the pathogen is highly variable within and across studies

- with no standard method for assessing the disease. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 97(3), 273–297.
27. Nakzawa, Y., & Uchida, K. (1998). First record of cleistothecial stage of powdery mildew fungus on strawberry in Japan. *Japanese Journal of Phytopathology*, 64(2), 121–124.
 28. Newhall Gerardo, R. (2010). El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*, 12(2), 90-95.
 29. Newhall, A. (2004). *Podosphaera aphanis* (powdery mildew of strawberry). *Annual Review of Plant Pathology*, 98(10), 12–14.
 30. Olivar, R. (2009). Efecto antagonístico de *Trichoderma harzianum* sobre algunos hongos patógenos postcosecha de la fresa (*Fragaria* spp). *Sociedad Venezolana de Microbiología*.
 31. Ortuño, Noel, Miranda, Claudia, & Claros, Mayra. (2013). Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 1(1), 16-32.
 32. Palmer, S. (2007). Strawberry powdery mildew: Epidemiology and the effect of host nutrition on disease (Degree work). (Doctor of Philosophy). University of Adelaide, Faculty of Science, School of Agriculture, Food and Wine. Adelaide-South Australia.
 33. Parker, T. (2004). *Biología de los microorganismos*. Madrid, España: Pearson Educación.
 34. Ruiz, S. (2018). Effect of *Trichoderma* spp. and phytopathogenic fungi on plant growth and tomato fruit quality. *Mexican Journal of Phytopathology*.
 35. Rodríguez Pérez, Abilio Ubaldo, Delgado Pérez, Miriam Lázara, & Dujarric Martínez, María Dolores. (2007). Procedimientos antimicrobianos: Parte I: la desinfección en instituciones de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 45(2) .
 36. Saeedi, D. (2016). Effect of salicylic and acetyl salicylic acids on the scatonastic and photonastic leaflet movement of *Cassia fasciculata*. *Plant Physiology*, 211, 45-49.
 37. Sargent, D., Buti, M., Šurbanovski, N., & Brurberg, M. B. (2019). Identification of QTLs for powdery (*Podosphaera aphanis*; syn. *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*) susceptibility in cultivated strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *PLoS ONE*, 14(9), 1-17.
 38. Shaner, G., & Finney, R. E. (1977). The effect of nitrogen fertilization in the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67, 1051-1056.

39. Sharma, P. K., & Gothwal, R. (2017). Trichoderma: A potent fungus as biological control agent. In J. Singh & G. Seneviratne (Eds.), *Agro-Environmental Sustainability* (pp. 113-125).
40. Tapia, A., Granados, E., & Avelino, J. (2013). Cuantificación de la severidad en hojas afectadas por la roya del café (*Hemileia vastatrix*) utilizando el software Image Tool 3.0. Turrialba: Universidad de Costa Rica, CIRAD/CATIE.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).