

Artículo de investigación

Antagonistas comerciales para el manejo de enfermedades fúngicas del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en el municipio de Pamplona, Norte de Santander

*Commercial antagonists for the management of fungal diseases of strawberry crops (*Fragaria x ananassa* Duch.), in the municipality of Pamplona, Norte de Santander*

Yuribel Rodríguez¹; Nora C. Osorio²; Leónides Castellanos³, Yhosvanni Perez⁴

¹Ingeniera Agrónoma. Ingeniero independiente. Calle 4 N° 10a 90, Sacama Casanare. Correo: yurita15@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0016-5569>.

²Ingeniera Agrónoma. Ingeniero independiente. Calle Santander N° 112-7 Caracolí Antioquia Tel: (57+3108133080). Correo: camilaosoriotorres@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5429-7335>.

³Ingeniero Agrónomo, PhD. Profesor tiempo completo. Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Dirección: Vía A Bucaramanga #Km 1, Pamplona, Norte de Santander. Código postal: 543058. Correo: lccastell@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

⁴Ingeniero Agrónomo, PhD. Profesor tiempo completo. Yhosvanni Pérez Rodríguez Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Carretera a Rodas km 3 1/2. Cuatro Caminos. Cienfuegos. Cuba. Correo: yprodriguez@ucf.edu.cu. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2078-8961>

RESUMEN

Las enfermedades fúngicas en los cultivos de fresa son una gran problemática para los agricultores del municipio de Pamplona Norte de Santander, por eso la importancia de buscar posibles soluciones que ayuden a mitigar la incidencia y severidad de estas enfermedades. El objetivo general de este trabajo fue evaluar antagonistas comerciales para el manejo de enfermedades fúngicas en fresa, se realizó un experimento en campo de bloques completos al azar de ocho tratamientos con cuatro repeticiones de los cuales tres fueron fungicidas químicas, la mezcla de los fungicidas químicos, dos tratamientos biológicos, la mezcla de los biológicos y el manejo del agricultor. En los análisis estadísticos no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas, pero se logró observar que los productos tuvieron un efecto positivo en el control de estas enfermedades y se destacan principalmente los productos biológicos ya que estos no solo controlan las enfermedades del cultivo, sino que también pueden estimular la planta para su buen desarrollo a diferencia de los productos químicos que son específicos para controlar enfermedades, de la misma manera los productos biológicos son una buena alternativa por que se demuestra que son igual y en algunos casos mejor que los tratamientos químicos

Palabras clave: Bioproductos, enfermedades, control biológico, incidencia, severidad.

ABSTRACT

Fungal diseases in strawberry crops are a major problem for farmers in the municipality of Pamplona Norte de Santander, which is why it is important to look for possible solutions that help mitigate the incidence and severity of these diseases. The general objective of this work was to evaluate commercial antagonists for the management of fungal diseases in strawberries. A field experiment was carried out with complete random blocks of eight treatments with four repetitions of which three were chemical fungicides, the mixture of chemical fungicides, two biological treatments, the mixture of biologicals and the farmer's management. In the statistical analyzes no significant statistical differences were obtained, but it was observed that the products had a positive effect on the control of these diseases and the biological products stand out mainly since these not only control crop diseases, but can also stimulate the plant for its good development unlike chemical products that are specific to control diseases, in the same way biological products are a good alternative because they are shown to be equal and in some cases better than chemical treatments.

Keywords: Bioproducts, diseases, biological control, incidence, severity.

Recibido: 22-02-2024

Aceptado: 23-04-2024

Publicado: 23-04-2024

Autor de correspondencia: Leónides Castellanos

Correo electrónico: lccastell@gmail.com

Introducción

La fresa es una planta perteneciente a la familia Rosácea. Según Hernández et al. (2015) es una fruta de placer por excelencia, se destaca por su contenido de vitamina C, taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol y ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico). La fresa es un cultivo importante en la economía regional y nacional, es muy utilizada para consumo fresco y productos elaborados, esto por sus características aromáticas, nutricionales y por su sabor (Rubio et al., 2014). Sin embargo, su alta perecibilidad la convierte en una fruta muy delicada al ataque de plagas, lo cual producen grandes pérdidas al agricultor (Ruiz y Piedrahita, 2012).

Los antagonistas son organismos beneficiosos que pueden desempeñar un papel importante en el control de enfermedades en el cultivo de fresas. Estos organismos, como bacterias y hongos, actúan mediante mecanismos de competencia, parasitismo o producción de compuestos antimicrobianos, suprimiendo el crecimiento y la propagación de patógenos en la planta. Por ejemplo, estudios realizados en México han demostrado que la aplicación de bacterias antagonistas como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. puede reducir la incidencia de enfermedades como el oídio (*Podosphaera aphanis*) y la pudrición de la corona (*Phytophthora cactorum*) en cultivos de fresas (López-Mora et al., 2017; Mercado-Blanco et al., 2018). Además, algunos hongos antagonistas, como *Trichoderma* spp., han mostrado efectos supresivos contra patógenos como *Botrytis cinerea*, causante de la pudrición gris en fresas (Elshafei et al., 2020). Estas interacciones biológicas entre los antagonistas y los patógenos pueden ser promovidas a través de estrategias de manejo adecuadas, como la selección y aplicación de cepas específicas y la mejora de las condiciones ambientales en el cultivo de fresas.

Algunos estudios han demostrado que la aplicación de bacterias antagonistas como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. puede reducir la incidencia de enfermedades, en cultivos de fresas (López-Mora et al., 2017; Mercado-Blanco et al., 2018). Además, algunos hongos antagonistas, como *Trichoderma* spp., han mostrado efectos supresivos contra patógenos como *Botrytis cinerea*, causante de la pudrición gris en fresas (Elshafei et al., 2020).

El uso de fungicidas químicos es la herramienta más empleada por la agricultura convencional para lograr disminuir el impacto y la incidencia de las enfermedades que ocasionan pérdidas en el cultivo. A pesar de los estudios realizados en el municipio de Pamplona Norte de Santander con el uso de alternativas biológicas principalmente con biopreparados artesanales a base de microorganismos eficientes y de montaña (Baldovino, 2017), no se han obtenido los resultados de control esperados, ni se han adoptado esta tecnología por parte de los agricultores.

Un proyecto de interacción social realizado en el municipio de Pamplona Norte de Santander, indicó la presencia de un

complejo de hongos fitopatógenos de los cuales se encontraron *Fusarium*, *Verticillium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora* dificultando así la obtención de una respuesta concreta del agente causal de la enfermedad, en esta investigación se recomendó la aplicación de bioproductos a base de antagonistas *Trichoderma*, que demostró ser más eficaz para el control de estos patógenos (Castellanos et al., 2020).

Teniendo en cuenta estos resultados se abre la incógnita de si es posible obtener similar eficacia con productos biológicos comerciales están autorizados por el ICA y disponibles para los agricultores que con los tratamientos de fungicidas químicos. A partir de esos antecedentes el objetivo de la investigación fue evaluar antagonistas comerciales a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp para el manejo de enfermedades fúngicas del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*), en comparación con los fungicidas químicos en la vereda Monte dentro, en el municipio de Pamplona Norte de Santander

Materiales y métodos

La investigación se ejecutó en el municipio de Pamplona, en la vereda Monte dentro, finca los Eucaliptos, en el segundo semestre de 2023. La finca esta ubicada a una altura de 2472 msnm y en las coordenadas 7°21'13.506" al Norte y 72°39'40.026 al oeste. La variedad de fresa sembrada era Sabrina con una edad del cultivo de 8 meses.

Se desarrolló un experimento en campo con un diseño de bloques completos al azar (8x4) donde se emplearon ocho tratamientos, con la aplicación de dos productos biológicos comerciales TRICHOX y BACTOX, tres químicos como testigos Pre Dostar, Carbendazim y Difenconazole, la mezcla de los dos bioproductos, la mezcla de los tres fungicidas químicos, y se empleó un tratamiento con la forma tradicional que realiza el agricultor en el resto del área de su finca (Opera y Coraza). Las unidades experimentales estuvieron conformadas por parcelas de 8 surcos de 1,10 m de ancho a doble camellón y 4 m de largo.

Las aplicaciones de los productos biológicos y químicos se realizaron cada 7 días con las dosis recomendadas con los proveedores. Los tratamientos con sus productos, nombre comercial y técnicos y dosis de aplicación aparecen en la Tabla 1.

Se utilizó una bomba de espalda manual de 20 L, para la aspersión de los tratamientos con una solución final de 300 L/ha y se prepararon los productos entre 5 y 6 L por bomba. Estas aplicaciones se realizaron durante los meses noviembre, diciembre. Se realizó un muestreo inicial para conocer la situación fitopatógenos en el experimento del cultivo. Una vez que se iniciaron los tratamientos los muestreos se realizaron semanalmente a los 7 días de cada tratamiento. El muestreo se llevó a cabo en zigzag en 20 plantas en el centro de cada parcela para dejar el efecto de borde. Se determinaron dos variables; incidencia y severidad para las enfermedades foliares y solo incidencia para las enfermedades radiculares y en los frutos.

La incidencia se determinó por la fórmula de Agrios (2005). Para determinar la severidad de las enfermedades foliares se asignaron grados a las plantas enfermas según escala empleada por varios autores (Ciba Geigy 1981; Baldovino, 2017). Para estimar la severidad del tejido afectado después de aplicar la escala de grados de (0 a 5), mostrada

anteriormente por la siguiente fórmula de Towsen y Heuberger (Ciba Geigy, 1981). Después de 8 semanales de iniciados los tratamientos se determinaron al Eficacia de cada Tratamiento usando la fórmula recomendada por Ciba Geigy (1981).

Tabla 1. Tratamientos con los productos biológicos o químicos, nombre comercial, ingrediente activo y dosis

Tratamientos	Producto Comercial	Proveedor	Nombres técnicos	Dosis de campo	
1	PREDOSTAR	PRE DOSTAR WP	INTEROC	Propamocarb+ metalaxyl	1,6 kg/ha
2	Carbendazim	Carbendazim 500 S.C	AGRICENSE Ltda.	Carbendazim	120 cm ³ /100 L.
3	Difenoconazole	DIFENOCONAZOLE 250 EC	DVA	Difenoconazole	0,4 L/ha
4	PRE+Car+Difen	-----	-----	-----	-----
5	Trichox	TRICHOX PH 10	SEMILLAS VALLE S.A	<i>Trichoderma harzianum</i>	400 g/ha
6	Bactox	BACTOX SL PH 17,5	SEMILLAS VALLE S.A	<i>Bacillus subtilis</i>	
7	Tri+Bac	-----	-----	-----	-----
8	Estándar del producción	Opera SC y Coraza 480 SC	BASF y OMA	Pyraclostrobin+ Epoxiconazol y Captan	1,0 L/ha y 1,2 kg/ha

Fuente: Autores

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza con los datos de las variedades de las enfermedades presentes (porcentaje de incidencia y severidad). Se comprobó previamente de supuesto de normalidad, por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Se compararon las medias por la prueba de Tukey con una probabilidad de error de $p \leq 0,05$. Para los análisis se empleó el paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows.

Resultados y discusión

El resultado del ANOVA no arrojó diferencia estadística en entre las parcelas de los futuros tratamientos para la incidencia y severidad de antracnosis en hojas antes de

iniciar la investigación, tampoco para la incidencia de antracnosis en los frutos. Similar situación se observó para la incidencia y la severidad de la peca en hojas, así como para la incidencia de *Botrytis* en fruto, damping off. Por tal razón no se evidencia diferencias entre los futuros tratamientos en la comparación de medias (Tabla 2). Estos resultados permiten afirmar que había uniformidad de las variables de las enfermedades antes de iniciar los tratamientos en el área experimental.

El análisis de varianza del porcentaje de incidencia para la enfermedad antracnosis causada por el patógeno *Colletotrichum* sp, no presento diferencia estadística alguna entre los tratamientos empleados desde la semana 1 hasta la semana 8 durante la investigación (Tabla 3).

Tabla 2. Incidencia o severidad de las principales enfermedades antes de iniciar los tratamientos en el experimento semana antes de comenzar con las respectivas aplicaciones de los tratamientos.

Tratamientos	Incidencia y/o severidad (%)							
	Antracnosis			Peca		Botrytis	Danping off	<i>Phytophthora</i>
	Inc H	Sev H	Inc F	Inc H	Sev H	Inc F	Inc	Inc F
PREDOSTAR	10,0 a	2,0 a	4,32 a	13,75 a	2,75 a	1,57 a	12,5 a	2,02 a
Carbendazim	12,5 a	2,5 a	5,925 a	21,25 a	4,25 a	1,85 a	13,75 a	4,52 a
Difenoconazole	10,0 a	2,0 a	4,925 a	13,75 a	7,75 a	1,75 a	12,5 a	3,17 a
PRE+Car+Difen	23,75 a	4,75 a	3,65 a	31,25 a	3,75 a	3,15 a	18,75 a	4,55 a
Trichox	18,75 a	3,75 a	3,77 a	17,5 a	3,5 a	2,17 a	15,0 a	1,67 a
Bactox	12,5 a	2,5 a	1,44 a	17,5 a	3,5 a	1,00 a	12,5 a	0,60 a
Tri+Bac	15,0 a	3,0 a	6,35 a	23,75 a	5,0 a	1,82 a	15,0 a	5,32 a
Productor	8,75 a	1,75 a	2,5875	21,25 a	4,25 a	1,58 a	8,75	2,92 a
C. Var. (%)	21,25	21,24	21,83	20,91	20,56	25,6	29,37	26,21
ET *	2,47	0,495	0,74	3,04	0,56	0,51	1,67	0,74

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Tabla 3. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje del porcentaje de incidencia de antracnosis en hoja por los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Incidencia semanal (%)							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	15,0 a	17,5 a	10,0 a	10,0 a	7,5 a	6,25 a	3,75 a	6,50 a
Carbendazim	15,0 a	18,75 a	15,0 a	12,5 a	7,5 a	8,75 a	7,50 a	5,0 a
Difenoconazole	7,5 a	15,0 a	17,5 a	13,75 a	11,25 a	7,50 a	6,25 a	3,75 a
PRE+Car+Difen	22,5 a	23,75 a	17,5 a	15,0 a	12,5 a	8,75 a	7,50 a	6,25 a
Trichox	21,25 a	22,5 a	7,5 a	6,25 a	8,75 a	3,75 a	3,75 a	2,50 a
Bactox	16,25 a	20,0 a	6,25 a	3,75 a	12,5 a	3,75 a	2,50 a	1,25 a
Tri+Bac	18,75 a	20,0 a	10,0 a	7,5 a	10,0 a	3,75 a	2,50 a	2,50 a
Productor	13,75 a	17,5 a	15,0 a	12,5 a	6,25 a	10,0 a	7,50 a	5,0 a
C. Var. (%)	29,05	31,82	26,01	22,95	25,74	28,67	20,19	25,25
ET *	1,99	1,54	2,03	1,59	1,09	1,12	0,77	0,85

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Al analizar la variable para el porcentaje de severidad de la enfermedad antracnosis causada por el patógeno *Colletotrichum* sp, esta fue bajando el nivel de severidad de

forma significativa en todos los tratamientos desde la s1, sin presentarse diferencia significativa entre estos (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje de severidad de antracnosis en hoja por los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Severidad semanal (%)							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	3,0 a	3,5 a	2,0 a	2,0 a	1,5 a	1,25 a	0,75 a	1,50 a
Carbendazim	3,0 a	3,75 a	3,0 a	2,5 a	1,5 a	1,75 a	1,50 a	1,0 a
Difenoconazole	2,5 a	3,0 a	4,5 a	2,75 a	2,25 a	1,50 a	1,25 a	0,75 a
PRE+Car+Difen	4,5 a	4,75 a	3,5 a	3,0 a	2,5 a	1,75 a	1,50 a	1,25 a
Trichox	4,25 a	4,5 a	1,5 a	1,25 a	1,75 a	0,75 a	0,75 a	0,50 a
Bactox	3,25 a	4,0 a	1,25 a	0,75 a	2,5 a	0,75 a	0,50 a	0,25 a
Tri+Bac	3,5 a	4,0 a	2,0 a	1,5 a	2,0 a	0,75 a	0,50 a	0,50 a
Productor	2,75 a	3,5 a	3,0 a	2,5 a	1,25 a	2,0 a	1,50 a	1,0 a
C. Var. (%)	20,79	31,82	28,76	22,94	25,73	28,6	20,1	25,2
ET *	0,424	0,308	0,381	0,319	0,217	0,22	0,15	0,17

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Para el análisis de varianza del porcentaje de incidencia de antracnosis en fruto causada por el patógeno *Colletotrichum* sp, se puede deducir que a partir de la semana 5, se obtuvo

una reducción significativa en la incidencia en el fruto (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de antracnosis en fruto por los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Incidencia semanal de fruto (%)							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	2,8425 a	4,16 a	0,895 a	3,2325 a	1,2575 a	2,42 a	1,52 a	1,52 a
Carbendazim	2,0425 a	4,6625 a	1,725 a	0,525 a	0,8750	1,52 a	2,15 a	1,07 a
Difenoconazole	4,3350 a	3,45 a	1,80 a	0,7675 a	0,0 a	2,72 a	0,47 a	0,97 a
PRE+Car+Difen	,15 a	3,125 a	2,615 a	3,85 a	0,65 a	0,57 a	1,15 a	1,35 a
Trichox	1,8 a	2,7 a	2,45 a	3,1 a	0,8 a	0,52 a	1,30 a	0,40 a
Bactox	2,3625 a	2,1825 a	0,375 a	3,05 a	0,95 a	1,82 a	0,87 a	0,27 a
Tri+Bac	3,1750 a	3,4 a	1,8 a	1,175 a	1,05 a	1,52 a	0,0 a	0,62 a
Productor	2,5550	1,9250 a	2,29 a	2,07 a	0,45 a	1,75 a	0,57 a	1,15 a
C. Var. (%)	23,65	20,109	21,85	25,30	29,61	21,18	21,79	24,33
ET *	0,512	0,32	0,444	0,64	0,319	0,56	0,42	0,30

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores

Para el análisis de varianza de porcentaje de incidencia de la enfermedad peca de la hoja causada por el patógeno *Ramularia tulasnei*, se observó que no hubo una diferencia

estadística, sin embargo, se evidencia que a medida que se fueron realizando las aplicaciones de los tratamientos fue disminuyendo la incidencia de la enfermedad, donde los

tratamientos más constantes fueron 1,5 y 6 (Tabla 6). La tabla 7 demuestra que los resultados obtenidos para en análisis de porcentaje de severidad de la enfermedad peca de hoja causada por el patógeno *Ramularia tulasnei*, presento una reducción significativa comparando los

datos de la semana 1 con la semana 8, donde se logró evidenciar que los tratamientos 1,5 y 6 fueron los más efectivos.

Tabla 6. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de peca de la hoja en los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Incidencia semanal (%)							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	17,5 a	20,0 a	13,75 a	11,25 a	7,5 a	6,25 a	3,75 a	6,25 a
Carbendazim	22,5 a	23,75 a	15,0 a	11,25 a	7,5 a	7,5 a	6,25 a	6,25 a
Difenoconazole	17,5 a	20,0 a	11,25 a	10,0 a	11,25 a	8,75 a	7,5 a	5,0 a
PRE+Car+Difen	30,0 a	30,0 a	13,75 a	11,25 a	12,5 a	10,0 a	7,5 a	6,25 a
Trichox	20,0 a	21,25 a	10,0 a	7,5 a	10,0 a	7,5 a	6,25 a	3,75 a
Bactox	20,0 a	21,25 a	11,25 a	8,75 a	12,5 a	10,0 a	7,5 a	2,5 a
Tri+Bac	25,0 a	27,5 a	15,0 a	11,25 a	10,0 a	8,75 a	7,5 a	3,75 a
Productor	23,75 a	25,0 a	21,25 a	17,5 a	6,25 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a
C. Var. (%)	32,39	32,73	37,24	36,68	36,5	31,04	25,7	27,3
ET *	2,33	1,93	1,29	1,29	1,12	0,81	0,89	0,84

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Tabla 7. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje de severidad de peca de la hoja en los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Severidad semanal (%)							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	3,5 a	4,0 a	2,75 a	2,25 a	1,5 a	1,25 a	0,75 a	1,5 a
Carbendazim	4,5 a	4,75 a	3,5 a	2,25 a	1,5 a	1,50 a	1,25 a	1,25 a
Difenoconazole	3,5 a	4,0 a	2,25 a	2,0 a	2,25 a	1,75 a	1,50	1,0
PRE+Car+Difen	6,0 a	6,0 a	2,75 a	2,25 a	2,5 a	2,0 a	1,50 a	1,25 a
Trichox	4,0 a	4,25 a	2,0 a	1,5 a	1,75 a	1,5 a	1,25 a	0,75 a
Bactox	4,0 a	4,25 a	2,25 a	1,75 a	2,5 a	2,0 a	1,50 a	0,50 a
Tri+Bac	5,0 a	5,5 a	3,0 a	2,25 a	2,0 a	1,75 a	1,50 a	0,75 a
Productor	4,75 a	5,0 a	4,25 a	3,5 a	1,25 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
C. Var. (%)	42,39	32,72	35,70	46,68	45,73	40,9	55,7	77,3
ET *	0,46	0,38	0,25	0,25	0,21	0,16	0,17	0,16

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Según el resultado del análisis de la varianza para el porcentaje de incidencia de la enfermedad *Botrytis*, se obtiene que no hay diferencia estadística según la prueba de

Tukey, pero si presenta una disminución lenta al paso de las semanas reduciendo así un poco la incidencia de la enfermedad (Tabla 8).

Tabla 8. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje Incidencia de Botrytis en fruto en los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Incidencia semanal en porcentaje							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	1,3 a	0,175 a	0,825 a	2,475 a	1,81 a	2,1 a	0,87 a	1,62 a
Carbendazim	2,695 a	1,8 a	1,9 a	0,0 a	0,87 a	3,87 a	1,8 a	0,60 a
Difenoconazole	2,11 a	1,15 a	0,825 a	0,7675 a	0,55 a	1,17 a	0,45 a	1,17 a
PRE+Car+Difen	3,175 a	1,85 a	1,275 a	3,06 a	0,975 a	1,85 a	0,0 a	0,4 a
Trichox	0,725 a	1,5 a	1,0 a	2,15 a	1,475 a	0,45 a	0,87 a	0,0 a
Bactox	1,0 a	1,37 a	0,0 a	1,625 a	0,45 a	0,52 a	1,15 a	0,37 a
Tri+Bac	0,97 a	1,05 a	0,35 a	2,8 a	1,05 a	2,35 a	0,92 a	1,07 a
Productor	0,8525 a	2,12 a	1,39 a	1,45 a	0,0 a	0,47 a	0,0 a	0,57 a
C. Var. (%)	29,7	22,09	26,3	19,3	24,8	26,36	27,55	22,04
ET *	0,35	0,40	0,29	0,53	0,31	0,54	0,33	0,29

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Al analizar los resultados para el porcentaje de incidencia de la enfermedad *Phytophthora* sp. en fruto, se pudo estudiar que en la semana 3 se evidenció un alto porcentaje de incidencia en general en las parcelas de todos los

tratamientos y fue disminuyendo de forma lenta hasta la semana 8, demostrando que los tratamientos mezclan PRE+CARB+DIFE, Trichox y Bactox la última semana no presentaban evidencia de la enfermedad (Tabla 9).

Tabla 9. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. en fruto por los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Incidencia semanal en porcentaje					
	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	2,02 a	1,37 a	0,87 a	1,0 a	1,44 a	0,3 a
Carbendazim	4,52 a	0,0 a	0,47 a	0,57 a	0,0 a	0,3 a
Difenoconazole	3,17 a	0,0 a	0,57 a	0,8 a	0,62 a	0,45 a
PRE+Car+Difen	4,55 a	2,4 a	0,55 a	0,7 a	0,95 a	0,0 a
Trichox	1,67 a	0,80 a	0,0 a	1,55 a	1,07 a	0,42 a
Bactox	1,60 a	2,57 a	0,0 a	0,4 a	0,85 a	0,47 a
Tri+Bac	5,32 a	3,02 a	0,52 a	0,7 a	1,17 a	0,0 a
Productor	2,92 a	0,0 a	0,50 a	2,32 a	0,79 a	0,0 a
C. Var. (%)	26,21	17,57	20,61	17,28	15,44	26,99
ET *	0,74	0,54	0,22	0,45	0,34	0,20

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

El análisis de varianza para el porcentaje de incidencia del damping off causado por un complejo de hongos, a comparación de los resultados anteriores esta enfermedad si

presento una diferencia estadística en la semana 2 y la semana 6, donde se evidencio que el tratamiento 6 Bactox fue uno de los mejores según los datos obtenidos (Tabla 10).

Tabla 10. Resultado del análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de damping off en los diferentes tratamientos en campo.

Tratamientos	Incidencia semanal en porcentaje							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
PREDOSTAR	15,0 a	17,5 ab	6,25 a	3,75 a	11,25 a	6,25 ab	5,0 a	3,0 a
Carbendazim	17,5 a	18,75 ab	7,5 a	6,25 a	7,5 a	5,0 ab	3,75 a	7,5 a
Difenoconazole	16,25 a	17,5 ab	16,25 a	13,75 a	10,0 a	8,75 ab	7,5 a	7,5 a
PRE+Car+Difen	22,5 a	23,75 b	10,0 a	7,5 a	11,25 a	10,0 b	8,75 a	6,25 a
Trichox	18,75 a	20,0 ab	6,25 a	5,0 a	5,0 a	3,75 ab	3,75 a	2,5 a
Bactox	16,25 a	20,0 ab	7,5 a	3,75 a	3,75 a	2,50 a	2,50 a	1,25 a
Tri+Bac	18,75 a	21,25 ab	6,25 a	3,75 a	5,0 a	3,75 ab	2,50 a	2,50 a
Productor	11,25 a	13,75 a	10,0 a	8,75 a	8,75 a	7,50 ab	6,25 a	6,25
C. Var. (%)	32,68	22,07	20,95	25,39	28,88	25,4	27,73	24,67
ET *	1,39	1,03	1,55	1,23	0,95	0,67	0,72	0,89

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Al analizar los resultados obtenidos de la eficacia de los tratamientos al final del ensayo se observa que Trichox se destaca por alcanzar una eficiencia mayor a 60 % de eficacia contra todas las enfermedades, mientras Bactox

logra más de 60% de eficacia contra todas las enfermedades excepto contra la pudrición por *Phytophthora* en frutos, la mezcla de ambos antagonistas no alcanzó el 60 % de eficacia contra la pudrición por *Botrytis* (Tabla 11).

Tabla 11. Eficacia técnica de los tratamientos al final del ensayo con relación con la situación de las enfermedades antes de iniciar los tratamientos.

Tratamientos	Eficacia (%)								
	Antracnosis			Peca		Botrytis		Danping off	Phytophthra
	Inc H	Sev H	Inc F	Inc H	Sev H	Inc F	Inc	Inc F	
PREDOSTAR	35	25	64,8	54,5	45,4	0,0	76	85,1	
Carbendazim	60	60	81,9	70,5	70,5	67,5	45,4	93,3	
Difenoconazole	60,5	60,5	80,3	63,6	87,09	0,0	40	85,8	
PRE+Car+Difen	73,6	73,6	63,01	80	66,6	87,3	66,6	100	
Trichox	86,6	86,6	89,4	78,5	78,5	100	83,3	74,8	
Bactox	90	90	81,25	85,7	85,7	63,0	88	21,6	
Tri+Bac	83,3	83,3	90,2	84,2	85	41,3	83,2	100	
Productor	42,8	42,8	55,5	76,4	76,4	64,09	28,5	100	

*: Medias con letras desiguales en las columnas difieren para $p < 0,05$, según prueba de Tukey. Fuente: Autores.

Al analizar los tratamientos químicos se observa que Cabendazim tuvo buena eficacia excepto contra damping off, pero solo alcanzó 60 % contra incidencia y severidad de antracnosis en hojas. Difeconazole no alcanza el 60 % de eficacia contra la pudrición por *Botrytis* y damping off, mentra que la mezcla de los tres fungicidas logra más de 60 % de eficacia contra todas las enfermedades. El tratamiento estándar de producción con Opera y Coraza alcanzó más de 60 % de Eficacia contra la peca y *Phytophthora*, no así contra damping off (Tabla 11).

Discusión

Los resultados de las tablas 3 y 5 indican que los tratamientos biológicos hicieron un efecto similar a los químicos para la incidencia de esta enfermedad tanto en hojas, como en fruto, por lo que se cumple la hipótesis de investigación de que son similares a los fungicidas químicos. Es de destacar que, aunque no se observó diferencia estadística los valores de incidencia y severidad de la enfermedad en hojas y entre la incidencia de la enfermedad en frutos, estas variables resultaron al final de la investigación relativamente más altos para los tratamientos con PREDOSTAR y la mezcla de los tres productos. Esto resulta lógico para PREDOSTAR que no es específico para un Ascomycetes, como *Colletotricum* pero introduce una interrogante con relación a la interacción de la mezcla de los tres fungicidas en estudio.

Estos resultados corresponden con los de Larios et al. (2019), que indica la eficacia de *Trichoderma* sp. para el control de damping off y adicionalmente a esto promueve el crecimiento vegetativo de las plantas. También con los de Rosero (2011) que afirma que la mayor eficiencia en el manejo del damping off, se obtuvieron con aplicaciones de *Trichoderma harzianum* en dosis de 2500x109 y 5000x109. Los presentes resultados sugieren que se recomiende a los agricultores el empleo de TRICHOX sobre todo para el damping off, enfermedad muy importante en la zona y donde los microorganismos pueden colonizar el suelo y los químicos perderse por diferentes vías. Los presentes resultados apoyan los de Sanchez y Vinicio (2022), que evaluaron *Trichoderma harzianum* para el control de damping off, indicando que este producto biológico es efectivo para el control de la enfermedad. Similar recomendación puede hacerse con Bactox sobre todo, que en condiciones de periodos lluviosos, cuando estos microorganismos tienen mayores posibilidades de mantenerse en el suelo, sobre todo si se aplican de forma preventiva.

Otro aspecto que favorece los resultados obtenidos con los bioproductos es la tendencia mundial de exigir la disminución de productos químicos y las regulaciones que ha estado estableciendo la comunidad europea al empleo de ditiocarmatos y las regulaciones de los límites máximos de residuos ya que se ha descubierto que son precancerígenos (Alzate, 2022).

Por tal razón estos bioproductos, sino se emplean durante todo el ciclo del cultivo, adquieren gran relevancia en los periodos de cosecha ya que cada vez van a ser más las regulaciones para comercializar frutas limpias tanto en el mercado colombiano como el internacional.

Resulta importante socializar con los agricultores los resultados observados de la incidencia y severidad de las enfermedades más importantes halladas en esta investigación, para que tengan un conocimiento general de los patógenos que están afectando sus cultivos y los métodos de muestreo de forma que se puedan establecer programas de manejo preventivos en función de las principales patologías.

Por otra parte, deben continuarse los estudios en parcelas demostrativas más grandes con los antagonistas comerciales Trichox y Bactox con el fin de capacitar a los agricultores sobre el uso y eficacia de estos bioproductos, así como encaminar investigaciones para conocer la sensibilidad de los patógenos a los principales grupos de fungicidas sistémicos y determinar si hay fungo-resistencia para establecer estrategias de mezclas anti resistencias con mayor conocimiento de causa.

Conclusiones

Se pudo determinar que las enfermedades más representativas que afectan el cultivo de fresa en el campo de estudio en el municipio de Pamplona Norte de Santander fueron antracnosis con mayor presencia en hojas y frutos, la peca de la hoja, *Botrytis* y damping off, problemática que se ha venido presentando con mucha frecuencia en este sector, ya que son las enfermedades que más afectan la productividad.

Los productos biológicos comerciales a base de *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* demostraron ser alternativas similares de control que los fungicidas químicos (tanto solos como mezclados) contra las enfermedades de la fresa tanto del follaje como del fruto y las raíces bajo las condiciones del experimento.

En general la eficacia de biopreparados TRICHOX y BACTOX superaron el 60 % contra todas las enfermedades, excepto el BACTOX contra la pudrición del fruto por *Phytophthora* lo que permite usarlos contra un amplio espectro de enfermedades en el cultivo de fresa

Referencias

- Agrios, G. N. (2005). Plant Pathology. Elsevier.
- Alzate Pérez, D. (2022). *Evaluar dos metodologías para el análisis de residuos de los fungicidas mancozeb y propineb en frutas y vegetales como alternativas de análisis de su calidad e inocuidad*. Universidad Nacional de Colombia.
- Baldovino Sanjuán, A. (2018). Enfermedades foliares más importantes del cultivo de la fresa en Pamplona, algunas alternativas de control. Recuperado de

- <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1804>
- Castellanos, L., Gonzalez-Pedraza, A., Santos, O., Hurtado, A., Becerra, W., & Cespedes, N. (2022). Fortalecimiento de la productividad con alternativas biológicas para la producción más limpia de fresa y alverja con la implementación de BPA en fincas de los productores agrícolas del municipio de Pamplona. Recuperado de https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_224/recursos/general/22112022/proyecto_bpa.jsp
- Ciba Geigy. (1981). Manual for field trials in plant production (2a ed.). Basilea, Suiza. <https://doi.org/10.1186/s42483-021-00098-7>
- Elshafei, A. M., Shishido, M., & Sugiyama, Y. (2020). Biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* against *Botrytis cinerea* causing strawberry fruit rot. *Biological Control*, 145, 104262. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104262>
- Hernández-Mendoza, F., Carrillo-Castañeda, G., Pedraza-Santos, M. E., De la Cruz Torres, E., & Mendoza-Castillo, M. (2015). Regeneración in vitro de brotes de *Polygonum tuberosum* L. a partir de yemas vegetativas de la inflorescencia y de tejido de cormo. *Nova scientia*, 7(13), 32-47.
- Larios Larios, E. J., Valdovinos Nava, J. D. J. W., Chan Cupul, W., García López, F. A., Manzo Sánchez, G., & Buenrostro Nava, M. T. (2019). Biocontrol de damping off y promoción del crecimiento vegetativo en plantas de *Capsicum chinense* (Jacq) con *Trichoderma* spp. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 471-483.
- López-Mora, A., Maldonado-González, M. M., Hidalgo-Díaz, L., Rosales, R., & Bautista-Baños, S. (2017). Characterization of *Bacillus* spp. strains for the biocontrol of strawberry fruit anthracnose. *Biological Control*, 105, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.11.010>
- Mercado-Blanco, J., Abrantes, I., Barra, Carvalho, M., Cerkauskas, R., Cleary, M., ... et al. (2018). Impacts of soil abiotic factors on beneficial soil microbiota used in plant protection. *Microbiological Research*, 208, 38-51. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.01.001>
- Rosero Cisneros, N. G. (2011). *Efectos de la aplicación de Trichoderma harzianum sobre la incidencia de "damping off" en el cultivo de fresa (Fragaria vesca L.) en la zona del Quinche, Provincia de Pichincha* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Babahoyo.
- Rubio, S. A., Alfonso, A. M., Grijalba, C. M., & Pérez, M. M. (2014). Determinación de los costos de producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 67-79.
- Ruíz, R. & Piedrahita, W. (2012). *Fresa (Fragaria × ananassa.)*. En G. Fischer (Ed.), Manual para el cultivo de frutales en el trópico (pp. 474-495). Bogotá: Produmedios.
- Sánchez Rivadeneira, Vinicio O. (2022). Evaluación del producto químico hymexazol y del producto biológico *Trichoderma harzianum* para el control de damping off en plantas de jacarandá (*Jacaranda mimosifolia* D. DON).

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

