


Niveles De Sensibilidad Y Resistencia De *Phytophthora* Sp. Aislada De Fresa A Fungicidas Sistémicos

Sensitivity And Resistance Levels Of *Phytophthora* Sp. Isolated From Strawberry To Systemic Fungicides

Cantillo P. Laura Melissa¹, *Castellanos G. Leónides², Roso G. Carmen Omaira²

¹ Ingeniero agrónomo independiente. ✉Correo electrónico: laura.cantillolau@unipamplona.edu.co,  <https://orcid.org/0009-0007-0973-1458>

² Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, sede Pamplona ✉Correo electrónico: lclcastell@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0001-9285-4879> ; ✉Correo electrónico: omairaroz@unipamplona.edu.co,  <https://orcid.org/0000-0001-6545-2268>

Tel: 3166993265, Pamplona-Norte de Santander. Colombia

Recibido: 20 /06 /2025; Aprobado: noviembre 2 de 2025; Publicado: diciembre 15 de 2025

RESUMEN

El cultivo de fresa en Colombia y, en particular, en la región de Pamplona, Norte de Santander, se ve afectado por diversas enfermedades generadas por hongos fitopatógenos que han conllevado a un uso indiscriminado de fungicidas y a su vez la pérdida en la eficacia de los tratamientos. El objetivo de la investigación fue determinar los niveles de sensibilidad. y la posible resistencia de *Phytophthora* sp aislada de fresa en cultivos de la zona de Pamplona a los principales fungicidas sistémicos recomendados para este patógeno. Se desarrolló una investigación exploratoria del tipo descriptiva y experimental, que permitió primero caracterizar y documentar una cepa de *Phytophthora* sp. procedente de la finca Los Eucaliptos en la vereda Monte dentro, municipio de Pamplona y segundo determinar experimentalmente en el laboratorio el nivel de sensibilidad de la cepa frente a tres de los fungicidas

sistémicos de diferentes grupos químicos recomendados (cymoxanil, propamocarb y azoxystrobin). Cada experimento contó con ocho tratamientos por cada fungicida (siete concentraciones más un testigo) considerando cuatro repeticiones (placas de Petri) por tratamiento. Se realizaron los análisis de varianzas respectivos, así como los análisis de regresión para determinar el DL50 de cada fungicida. La cepa de *Phytophthora* sp. aislada de raíces de fresa no fue inhibida en su crecimiento a ninguna de las concentraciones estudiadas de los fungicidas sistémicos propamocarb, cymoxanil y azoxystrobin. Se verificó baja sensibilidad de la cepa de *Phytophthora* sp. frente los tres fungicidas en estudios. Se constató la presencia de fungoresistencia elevada frente a propamocarb, y cymoxanil y resistencia intermedia frente a azoxystrobin por lo que no es recomendable el empleo de estos productos ni de otros de sus grupos químicos para el control de la pudrición de la corona bajo estas condiciones.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia Leónides Castellanos González. E-mail: lclcastell@gmail.com

Palabras clave: azoxystrobin, cymoxanil, *Fragaria*, propamocarb, patógenos

ABSTRACT

Strawberry cultivation in Colombia, and particularly in the Pamplona region of Norte de Santander, is affected by various diseases caused by phytopathogenic fungi. This has led to the indiscriminate use of fungicides and, in turn, a loss in treatment efficacy. The objective of this research was to determine the levels of sensitivity and potential resistance of *Phytophthora* sp. isolated from strawberries in crops in the Pamplona area to the main systemic fungicides recommended for this pathogen. An exploratory, descriptive, and experimental study was conducted, first characterizing and documenting a strain of

Phytophthora sp. from the Los Eucalptos farm in the Monteadentro area of the municipality of Pamplona. Second, the strain's sensitivity level to three of the recommended systemic fungicides from different chemical groups (cymoxanil, propamocarb, and azoxystrobin) was experimentally determined in the laboratory. Each experiment consisted of eight treatments per fungicide (seven concentrations plus a control), with four replicates (Petri dishes) per treatment. Respective analyses of variance and regression analyses were performed to determine the LD50 of each fungicide. The growth of the *Phytophthora* sp. strain isolated from strawberry roots was not inhibited at any of the studied concentrations of the systemic fungicides propamocarb, cymoxanil, and azoxystrobin. Low sensitivity of the *Phytophthora* sp. strain to the three fungicides studied was verified. High fungiresistance to propamocarb and cymoxanil, and intermediate resistance to azoxystrobin, was confirmed. Therefore, the use of these products or other chemical groups thereof for crown rot control under these conditions is not recommended.

Key words: azoxystrobin, cymoxanil, *Fragaria*, propamocarb, pathogens.

INTRODUCCIÓN

La fresa es una planta que pertenece al género *Fragaria* de la familia de las Rosáceas (de Andrade et al., 2019). Esta crece ramificándose y se reproduce tanto de forma sexual (semillas) y asexual (estolones). Del género *Fragaria* se conocen 22 especies, algunas silvestres y otras cultivadas. *Fragaria ananassa* Duch es la

especie más importante a nivel mundial (Gaston et al., 2019), esta es el resultado de la fusión entre la *Fragaria virginiana* y *Fragaria chiloensis* (Biswas et al., 2019).

En Colombia la fresa se cultiva en 13 de sus 32 departamentos siendo Cundinamarca el principal productor. En el año 2020 se registró una producción total nacional

superior a las 86.000 toneladas de las cuales el 73% es producido en Cundinamarca, el 12% en Antioquia, el 16% en Norte de Santander, el 4% en el departamento de Boyacá y el 3% en el departamento de Cauca (Minagricultura, 2021).

El cultivo de fresa en Colombia y, en particular, en la región de Pamplona, Norte de Santander, se ha consolidado como una actividad económica de gran relevancia. Sin embargo, los productores enfrentan el reto de combatir muchas enfermedades generadas por hongos fitopatógenos (Villamizar et al., 2024; Bayona et al., 2022; Tarón Dunoyer et al., 2022).

Las enfermedades fúngicas foliares más importantes de la fresa en Pamplona fueron las causadas por *Ramularia tulasnei*, *Colletotrichum* sp. y *Botrytis cinerea*. La incidencia de la antracnosis en el follaje no se diferenció entre las veredas, pero sí en flores y en frutos. La incidencia de la peca o mancha por *Ramularia tulasnei* resultó mayor en algunas veredas, mientras que la pudrición por *B. cinerea* en los frutos también presentó diferencia estadística entre las veredas (González y Sanjuán, 2021). Las enfermedades radiculares que más afectaron el cultivo de fresa en Pamplona

fueron *Phytophthora fragariae* y *Fusarium* sp (Albarracín et al., 2022)

Cabe resaltar, que dentro de los patógenos que atacan la parte radicular de la fresa se encuentra el Oomycete *Phytophthora fragariae* que produce un marchitamiento generalizado de la planta durante la época seca, especialmente el segundo año de la plantación, lo que se debe a que todo el sistema radicular se ve comprometido, coincidiendo con la época de producción de frutas, en la cual la regeneración de raicillas es más lenta. En los tejidos internos de las raíces y de la base del tallo, se observa una pudrición seca de coloración rojiza (Anaya-Andrade, et al., 2020; Albarracín, 2018).

Los resultados del empleo de alternativas de control de las enfermedades en fresa en Pamplona con microorganismos eficientes y microorganismos de montaña han sido alentadores (Vega et al., 2019; Castellanos et al., 2020 a, b; Villamizar et al., 2024), sin embargo, su implementación por los agricultores ha sido escasa. En un proyecto de extensión rural desarrollado por la Universidad de Pamplona se determinó que uno de los problemas más importante que presentan los cultivos de fresa en Pamplona es el complejo de hongos de la pudrición de la raíz denominado damping off, lo cual

conlleva al uso indiscriminado de productos químicos que a largo plazo puede llegar a generar en estas enfermedades algún tipo de resistencia (Montaño Rodríguez et al., 2024; Castellanos et al., 2022).

Ante el ataque de diferentes hongos fitopatógenos, uno de los desafíos adicionales que se ha observado en la región es la resistencia de estos hongos fitopatógenos a los fungicidas sistémicos utilizados para su control. La resistencia a los fungicidas representa una amenaza creciente, ya que reduce la eficacia de los tratamientos químicos y complica la gestión de las enfermedades en los cultivos de fresa (Hobbelen et al., 2014). Esto plantea una necesidad urgente de conocer la sensibilidad de los hongos fitopatógenos a diferentes grupos de fungicidas sistémicos y evaluar su capacidad de desarrollo de resistencia, particularmente en el contexto de Pamplona, Norte de Santander (Rodríguez et al., 2024). Para el control de *Phytophthora* en diferentes cultivos en Colombia se recomiendan a metalaxil del grupo de las fenilamidas, propamocarb de los carbamatos, cymoxanil del grupo de las cyanoacetamide oxime y azoxystrobin de la familia de las estrobirulinas (ICA, 2024), pero ya se ha informado por Rodríguez et al. (2024), la baja eficacia de los fungicidas sobre el damping

off o pudrición de la corona en campos de fresa en Pamplona y por tanto la sospecha de resistencia de *Phytophthora* sp y otros patógenos que participan en esta enfermedad. En tal sentido, en esta investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál será el nivel de sensibilidad a fungicidas sistémicos formulados a base de y metalaxil, propamocarb y azoxystrobin sobre *Phytophthora fragariae*, patógenos aislados del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) en el municipio de Pamplona, Norte de Santander?

Por lo tanto se planteó la siguiente hipótesis científica: El uso indiscriminado de los fungicidas sistémicos en el cultivo de la fresa en la zona de Pamplona ha provocado que *Phytophthora* sp causante de la pudrición de la corona presenten diferentes niveles de sensibilidad, con riesgos o presencia de fungoresistencia al menos a algunos de los moléculas de fungicidas sistémicos más empleados contra estos agentes, que al ser determinados permitirán propuestas de estrategias más adecuadas de manejo de los fungicidas químicos en el cultivo.

Para comprobar esta hipótesis se encaminó una investigación con el objetivo de determinar los niveles de sensibilidad. y la posible resistencia de *Phytophthora* sp

aislada de fresa en cultivos de la zona de Pamplona a los principales fungicidas

sistémicos recomendados para este patógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló una investigación exploratoria del tipo descriptiva y experimental, siguiendo la clasificación propuesta por Hernández et al., (2018). La investigación descriptiva permitió caracterizar y documentar una cepa de *Phytophthora* sp. procedente de la finca Los Eucaliptos en la vereda Monteadentro, municipio de Pamplona.

Caracterización morfológica de la cepa de *Phytophthora* sp aislada en el cultivo de fresa en la vereda Monteadentro. Para la obtención de la cepa del *pseudohongo* *Phytophthora* sp. se tomaron muestras de frutos de coronas de plantas enfermas con el síntoma de damping off, se guardaron en bolsas cerrados y debidamente rotulados y almacenados en cavas refrigeradas siguiendo los protocolos establecidos por el ICA. Las muestras fueron llevadas inmediatamente al Laboratorio de Micología de la Universidad de Pamplona.

Para eliminar microorganismos epífitos y reducir la contaminación cruzada, los fragmentos de la corona con síntomas típicos fueron fraccionados y sometidos a un

protocolo de desinfección: lavado doble con agua destilada estéril (ADE), inmersión en etanol al 70% durante 1 minuto, lavado con ADE para eliminar los residuos de etanol, inmersión en hipoclorito de sodio al 5% durante 1 minuto, lavado con ADE para eliminar los residuos de hipoclorito y secado en papel absorbente estéril.

En el laboratorio se tomaron muestras del fruto infectado con un asa, con las cuales se llevaron a cabo diluciones sucesivas en condiciones de esterilidad y se realizaron siembras por agotamiento. Se realizaron las siembras en medio de cultivo artificial Agar agua y Agar Ogy, recomendados según protocolos estandarizados para el diagnóstico de hongos (Agrios, 2005).

Las fracciones de corona fueron sembradas en placas de Petri con PDA bajo el gabinete de seguridad. Las placas con las siembras se incubaron durante 10 días a una temperatura de 25°C. La cepa fue revisada y certificada según su conservación y pureza. La identificación del patógeno se realizó por las características morfológicas con el

empleo de claves generales de Agrios (2005).

La descripción del hongo se hizo mediante observación macroscópica y microscópica de sus estructuras, se realizó una tinción o coloración con lactofenol azul (Cañedo, y Ames, 2004). Para la clasificación de la textura, color, hábitos y forma de crecimiento de las colonias se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas por Marquez, R. (2017) y Estrada y Ramirez (2019). Se obtuvo el registro fotográfico de las estructuras somáticas, así como el tipo de crecimiento de la colonia, coloración, textura, etc.

Determinación de la inhibición micelial y DL-50 de *Phytophthora* sp frente a tres fungicidas.

Se desarrollaron tres experimentos a nivel de laboratorio con tres fungicidas pertenecientes a tres familias químicas: cymoxanil (Curazate 60 WG) del grupo de las cyanoacetamide oxime, propamocarb (Propamocur 500SL) de los carbamatos y azoxystrobin (Chakal 250SC) de las estrobirulinas

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado, para cada uno de los fungicidas, una elección que se

fundamenta en su capacidad para proporcionar una distribución uniforme y equitativa de los tratamientos, lo que garantiza la aleatoriedad y la validez de los resultados obtenidos (Hernández et al., 2018).

El diseño para cada experimento fue del tipo 8x4 (siete concentraciones de cada fungicida + un testigo vs la cepa del fitopatógeno con cuatro repeticiones en placas de Petri). Este enfoque permitió explorar una gama variada de concentraciones para cada fungicida, lo que posibilita una evaluación completa de su efectividad en el control del hongo fitopatógeno. Además, la inclusión de un grupo testigo sin tratamiento proporcionó una referencia útil para comparar y evaluar la eficacia relativa de los fungicidas utilizados.

Por lo tanto, se utilizaron un total de ocho tratamientos por cada fungicida (siete concentraciones más un testigo) considerando cuatro repeticiones por tratamiento, se establecieron un total de 32 unidades experimentales (placas de Petri) por cada ensayo.

Los tratamientos para cada enfrentamiento de cada fungicida vs patógeno a evaluar fueron los siguientes (Tabla 1) donde se recogen las concentraciones de cada uno de los fungicidas (*cymoxanil*, *propamocarb* y

azoxystrobin) que se utilizaron como tratamientos en cada experimento, así como la cantidad de cada solución madre (S1, S2,

S3 y S4) y PDA empleadas (Pérez-Vicente, 2013):.

Tabla 1.Concentraciones de cada uno de los fungicidas (cymoxanil, propamocarb y azoxystrobin) que se utilizaron como tratamientos.

Tratamientos de cada fungicida	Concentración del fungicida (µg/mL)	Cantidad de la solución estándar de cada Fungicida	Cantidad de PDA (mL)
T1 (Testigo)	0	-	100
T2	0,001	1 mL de S4	99,0
T3	0,01	5 mL de S3	95,0
T4	0,1	2 mL de S3	98,0
T5	0,5	1 mL de S2	99,0
T6	5	1 mL de S1	99,0
T7	10	2 mL de S1	98,0
T8	100	20 mL de S1	80,0

Fuente: elaboración propia

Antes de establecer los tratamientos con las concentraciones de los fungicidas se prepararon las cuatro soluciones madres (S1, S2, S3 y S4) que permitieron establecer las proporciones en los medios de cultivos para obtener la concentración deseada. El procedimiento para la obtención de estas soluciones madre se explica a continuación. Se empleó como disolvente agua. La solución final y la cantidad de fungicidas preparado se calculó a partir del siguiente procedimiento (Pérez-Vicente, 2013): Se prepararon cuatro soluciones madres de S1=500 ppm, S2=50 ppm, S3=5 ppm y S4=0,1 ppm de la siguiente forma:

La Solución S1 se obtuvo con 50 mg i.a. + disolvente agua para completar 100 ml de

solución final = 0,5 mg/ml = 500 µg/ml = 500 ppm, o sea, 500 mg/L = **500 ppm** =500 mg /1000 mL. Para obtener una S1 de 50 mg i.a. en 500mL de agua se procedió a tomar 0,5 ml propamocarb (50%) y completar a 500 mL, 0,41 g de una formulación al 60% de cymoxanil completar a 500 mL y 1,0 ml de una formulación al 25% a.i. de azoxystrobin (25%) y completar a 500 mL.

Para las soluciones madre S2 se tomaron 5 ml de las S1respectivas, para completar 50 ml de solución final = 0,05 mg/ml = 50 µg/ml = **50 ppm**, para las soluciones S3 se tomaron 5 ml de S2 para completar a 50 ml de solución final = 0,005 mg/ml = 5 µg/ml = **5 ppm** y para las soluciones madre S4 se

añadió 1 ml de S3 a 50 ml de solución final =
0,1 mg/ml = 0,1 µg/ml = **0,1 ppm**

Las soluciones de fungicidas se agregaron a los 100 mL de agar en cada Erlenmeyer en el momento cuando estaban completamente derretido y lo suficientemente fresco para conservarlo en la mano (aprox. 40°C). Después de agregar la solución fungicida, se agitó suavemente el agar para permitir la homogeneización del fungicida, cuidando de evitar la formación de burbujas. Entonces el contenido de cada concentración se vierte en cuatro placas de Petri (repeticiones). Las placas se mantuvieron en una mesa de laboratorio a temperatura ambiente hasta su solidificación. Después se sembró en el centro de cada Placa de Petri un disco de de 1cm de diámetro y se incubaron a temperatura ambiente.

$$\% \text{ inhibición} = \frac{(\text{crecimiento colonia testigo} - \text{crecimiento colonia concentración})}{\text{crecimiento colonia testigo}} \times 100$$

En cada experimento se hicieron mediciones a las unidades experimentales cada dos días hasta el octavo día después de haber colocado el disco de micelio del patógeno.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos de diámetro de las colonias se realizaron los análisis estadísticos. Se realizó un análisis de

Sistema de variables:

Variables independientes: Diferentes concentraciones de cada fungicida sistémicos representante de los grupos cyanoacetamide oxime, carbamato y estrobirulina sobre el fitopatógeno cromista aislado de la corona de fresa.

Variables controladas: Medios de cultivo, temperatura y humedad relativa

Variables dependientes: Crecimiento del diámetro de la colonia e Inhibición micelial

Se midió el diámetro de la colonia en cm de forma perpendicular dos veces, y se obtuvo el dato promedio de las dos mediciones. Además, se calculó el porcentaje de inhibición mediante la fórmula Abbott (Ciba Geigy, 1981).

varianza de una vía (ANOVA) y cuando este se mostró significativo ($p < 0,05$), se aplicó una prueba de comparación de media de Tukey con un nivel de significancia del 95 %. Se empleó el paquete SPSS versión 23.

Se determinaron los valores de DL-50 según la curva dosis del fungicida/porcentaje de inhibición del crecimiento del patógeno, y fungicida/inhibición según tiempo del

experimento para lo cual se trabajó con un nivel de probabilidad de error del 5%. Los datos de inhibición fueron transformados a unidades probit, las concentraciones a logaritmos de concentración, y se calcularon las DL50 para cada fungicida frente a la cepa

del patógeno. Se hizo un análisis de regresión. haciendo transformación de los datos al software Probit desarrollado para este fin por el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal de Cuba (INISAV) (Pérez-Vicente 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales características de la cepa de *Phytophthora* sp. Aislada.

Las colonias de la cepa de *Phytophthora* sp en placa de Petri con PDA presentaban micelio de color blanco a grisáceo y textura Algodonosa (Figura 1A), bordes lisos a lobulados, elevación plana y con presencia de anillos concéntricos poco visibles en el reverso de las placas (Figura 1B). Las colonias presentaron velocidad de

crecimiento rápido de 0,97 mm por día. A nivel de microscopio se observaron hifas no septadas con presencia de diferentes estructuras (Figura 1C) entre ellas clamidosporas (Figura 1D) presencia de hifas y esporangios (Figura 1E) (flecha negra) y clamidosporas (Figura 1E) (flecha roja). Se observaban hifas eran gruesas y finas y producción de escasos esporangios (Flecha negra en Figura 1F). .



Figura 1A



Figura 1B

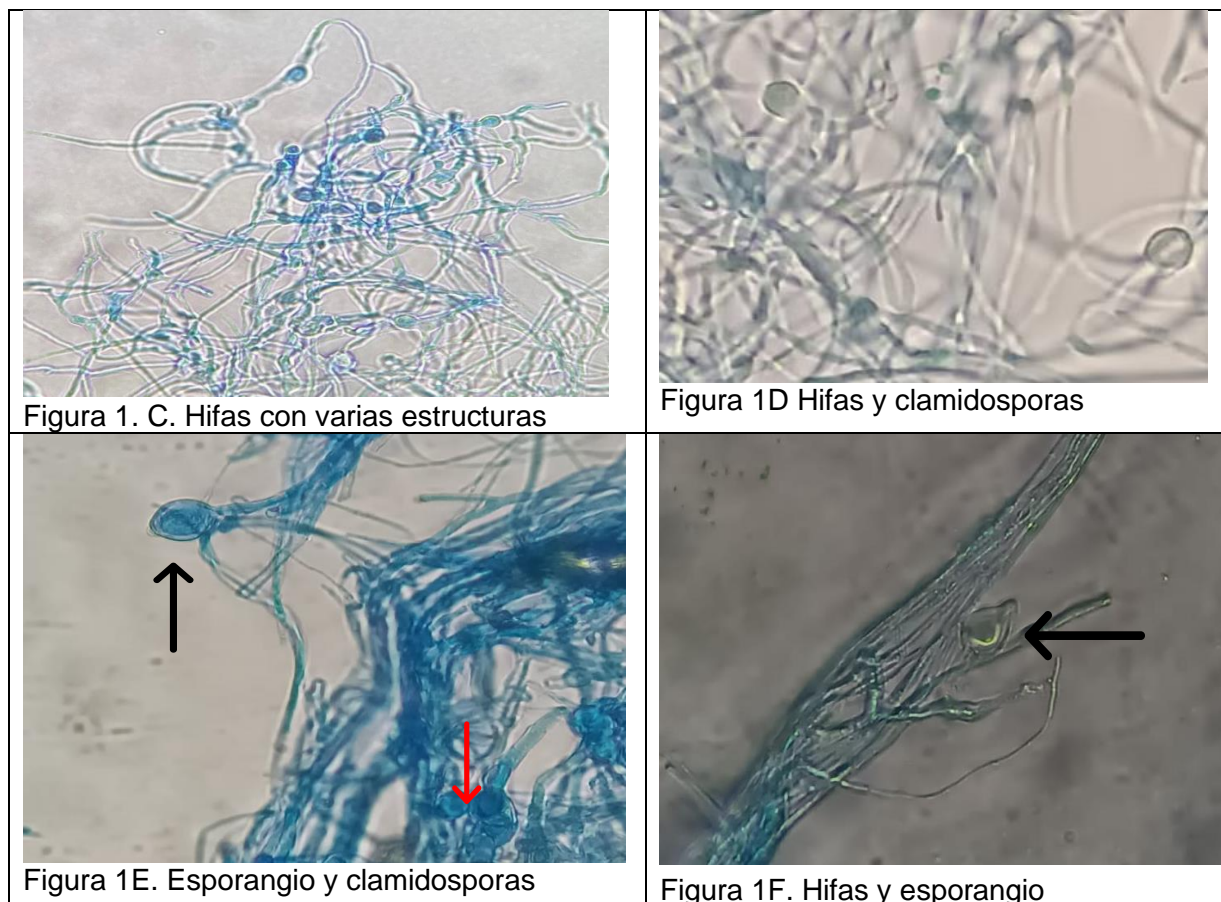


Figura 1. Características macroscópicas y microscópicas de la cepa de *Phytophthora* sp.

Determinación de la inhibición micelial y DL-50 de *Phytophthora* sp frente a tres fungicidas.

La dinámica de crecimiento de las colonias de *Phytophthora* sp. frente a las diferentes concentraciones de propamocarb mostraron un crecimiento sostenido en el tiempo con ligeras separaciones de las curvas (Figura 2 A). El crecimiento de las colonias en el tiempo frente a las diferentes concentraciones de cymoxanil también demostraron un crecimiento sostenido con

ligeras separaciones de las curvas de los tratamientos con fungicida respecto al testigo, pero con marcadas desviaciones de este a los 4, 6 y 8 días de iniciado el ensayo (Figura 2 B). Por otra parte, la dinámica de crecimiento de las colonias frente a axoxyztrobin reflejaron de forma similar un aumento sostenido en el tiempo, pero con separaciones más marcadas de las curvas de los tratamientos T3, T4, T5, T6, T7 y T8 en los diferentes momentos de evaluación del ensayo (Figura 2 C).

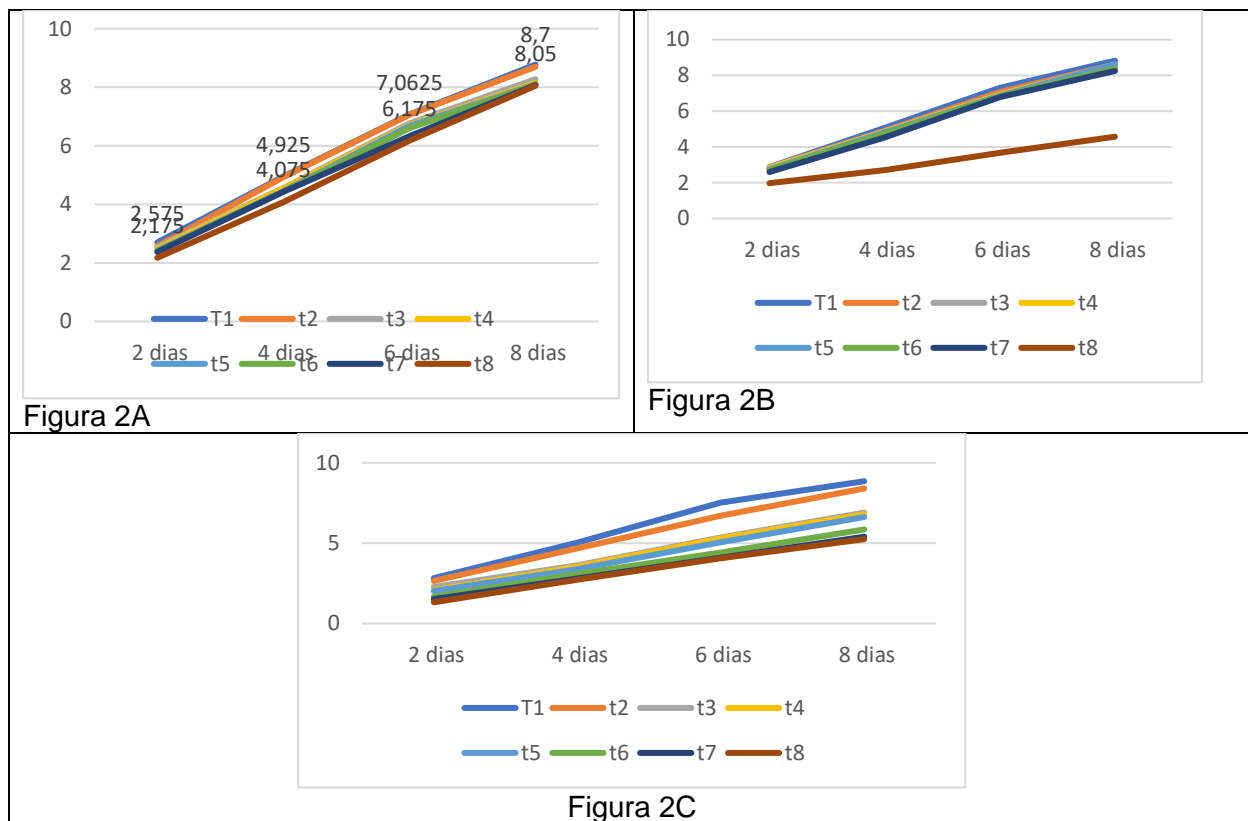


Figura 2. Dinámica de crecimiento de las colonias de *Phytophthora* sp. frente a las diferentes concentraciones de los fungicidas.

El resultado del ANOVA para para la comparación del crecimiento radial de las colonias en las diferentes concentraciones de propamocab reflejó diferencia estadística entre los tratamientos ($p < 0,05$) tanto a los 4 como a los 8 días de haber iniciado el ensayo. La comparación de medias a los cuatro días evidenció que el mayor diámetro de la colonia era para el testigo (4,95cm) (a) sin diferencia estadística ($p < 0,05$) con los de las concentraciones de 0,001ppm, 0,01 ppm,

0,1 ppm, 0,5 ppm, pero si con el tratamiento de 5, 10 y 100 100 ppm, el cual no se diferenció de los tratamientos con 5 y 10 ppm. A los 8 días de montado el ensayo el diámetro promedio de la colonia del testigo (8,77cm) (a), no se diferenciaba estadísticamente ($p < 0,05$) con los de las concentraciones de 0,001ppm, 0,01 ppm, 0,1 ppm, pero sí de los tratamientos con concentraciones de 0,5, 5, 10 y 100 ppm (Tabla 2).

Tabla 2. Resultado del análisis estadístico para la comparación del crecimiento radial de las colonias de *Phytophthora* sp a las diferentes concentraciones de los fungicidas.

	Propamocar		Cymoxanil		Azoxystrobin	
Resultado del ANOVA						
	4 días	8 días	4 días	8 días	4 días	8 días
Valor F	6,875	4,500	40,18	140,161	2,812	6,889
P valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Comparación de medias						
ppm	4 días	8 días	4 días	8 días	4 días	8 días
0	4,95 a	8,77 a	5,07 a	8,82 a	5,02 a	8,85 a
0,001	4,92 ab	8,70 ab	4,90 a	8,62 ab	4,67 b	8,40 a
0,01	4,56 abc	8,27 abc	4,87 a	8,62 ab	3,62 c	6,90 b
0,1	4,55 abc	8,15 abc	4,85 a	8,60 ab	3,55 cd	6,80 b
0,5	4,45 abc	8,10 bc	4,82 a	8,60 ab	3,37 d	6,62 bc
5	4,43 bc	8,10 bc	4,75 a	8,40 ab	3,07 e	5,85 cd
10	4,42 bc	8,07 bc	4,52 a	8,25 b	2,80 f	5,40 d
100	4,07 c	8,05 c	2,70 b	4,57 c	2,72 f	5,25 d
ET	0,108	0,138	0,121	0,120	0,049	0,188
CV (%)	4,76	3,32	5,31	2,97	2,74	5,56

El resultado del ANOVA para la comparación del crecimiento radial de las colonias en las diferentes concentraciones de cymoxanil mostró diferencia estadística ($p < 0,05$) entre los tratamientos a los cuatro y ocho días de haber envenenado los medios. La comparación de medias a los cuatro días evidenció que el diámetro de la colonia mayor correspondía al testigo (5,07 cm) (a), solo con diferencia estadística ($p < 0,05$) con los de las concentraciones de 100 ppm (b). La comparación de las medias a los ocho

días evidenció el mayor diámetro de la colonia para el testigo (8,82 cm) (a) solo con diferencia estadística ($p < 0,05$) con los tratamientos a 10 y 100 ppm.

El resultado del análisis estadístico para la comparación del crecimiento radial de las colonias frente a las diferentes concentraciones de azoxystrobin también evidenció diferencia estadística entre los tratamientos ($p < 0,05$) tanto a los cuatro como a los ocho días de iniciado el experimento. La comparación de medias a

los cuatro días mostró que el diámetro de la colonia mayor correspondía al testigo (5,02 cm) (a) sin diferencia estadística ($p < 0,05$) con el resto de los tratamientos excepto con el de 100 ppm. Los tratamientos con menor diámetro fueron los de las concentraciones de 10 y 100 ppm (f) que difirieron de los demás tratamientos desde el punto de vista estadístico ($p < 0,05$). El resto de los tratamientos (T2, T3, T4, T5 y T6) alcanzaron diámetros de las colonias que quedaron estadísticamente diferentes a los tratamientos mencionados anteriormente. A los ocho días de iniciado el ensayo el diámetro promedio de la colonia del testigo (8,85 cm) (a), no se diferenciaba estadísticamente ($p < 0,05$) con los de las concentraciones de 0,001ppm, pero si del resto de los tratamientos. Los tratamientos con el tamaño menor de las colonias fueron también para los de las concentraciones de 10 y 100 ppm (d), pero que no se diferenciaron del tratamiento con concentración de 5 ppm (cd).

En la Figura 3A se muestra del nivel de crecimiento de las colonias de *Phytophthora*

sp. frente a todas las diferentes concentraciones de propamocarb a los 8 días de iniciado el experimento, lo que sirve de evidencia de la pérdida de sensibilidad del patógeno a este fungicida. En la Figura 3 B se refleja el diámetro de las colonias de *Phytophthora* sp. frente a todas las concentraciones de cymoxanil a los 8 días de iniciado el experimento, lo que sirve de evidencia de la baja de sensibilidad del patógeno a este fungicida hasta el tratamiento 7 (10 ppm), pero que se presentó menor crecimiento a los 100 ppm. Por otra parte, en la Figura 3 C se muestra del nivel de crecimiento de las colonias de *Phytophthora* sp. frente a todas las diferentes concentraciones de axoxyztrobin a los 8 días de iniciado el ensayo, donde se observa que, aunque el diámetro de las colonias del patógeno frente a este fungicida va disminuyendo con la concentración, en el Tratamiento 8 (100 ppm) aún se presenta un crecimiento notable, que se puede interpretar como una evidencia de que existe poca sensibilidad al fungicida.

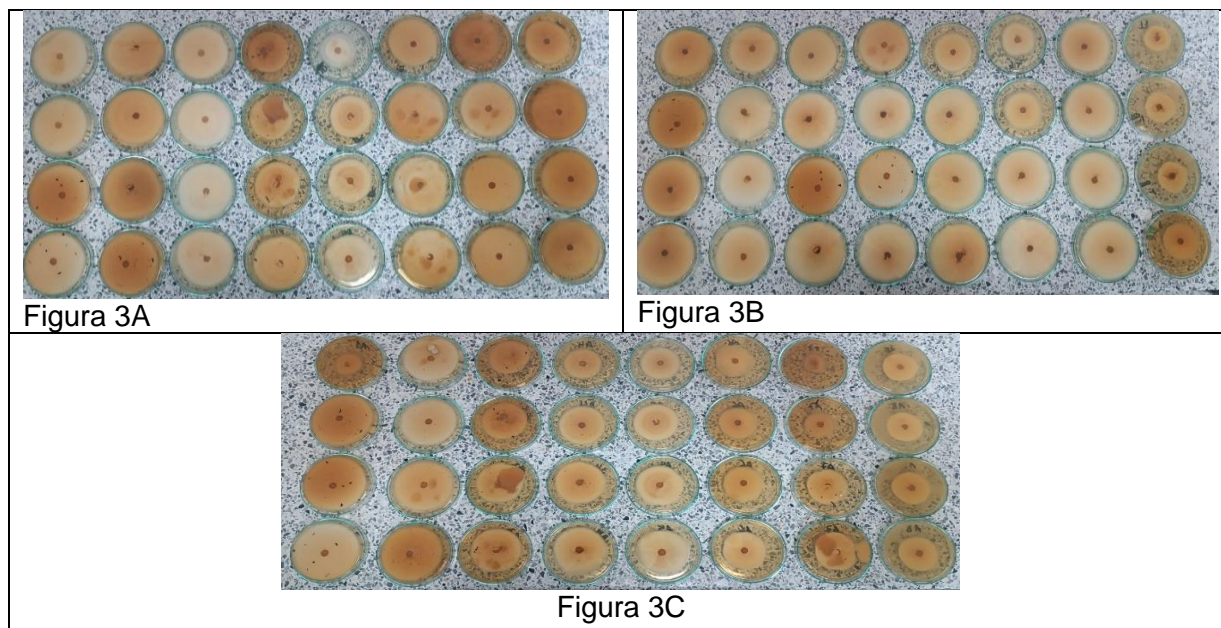


Figura 3. Evidencias del crecimiento de las colonias de *Phytophthora* sp. frente a las diferentes concentraciones fungicidas (reverso de las placas de izquierda a derecha tratamiento 1 a 8.).

Los porcentajes de inhibición de la colonia de *Phytophthora* sp. para los diferentes tratamientos de propamocarb a los seis y ocho días de iniciado el experimento mostró

un crecimiento paulatino según aumentaban las concentraciones, sin embargo, fueron relativamente bajos no sobrepasando el 12,7% (Figura 4).

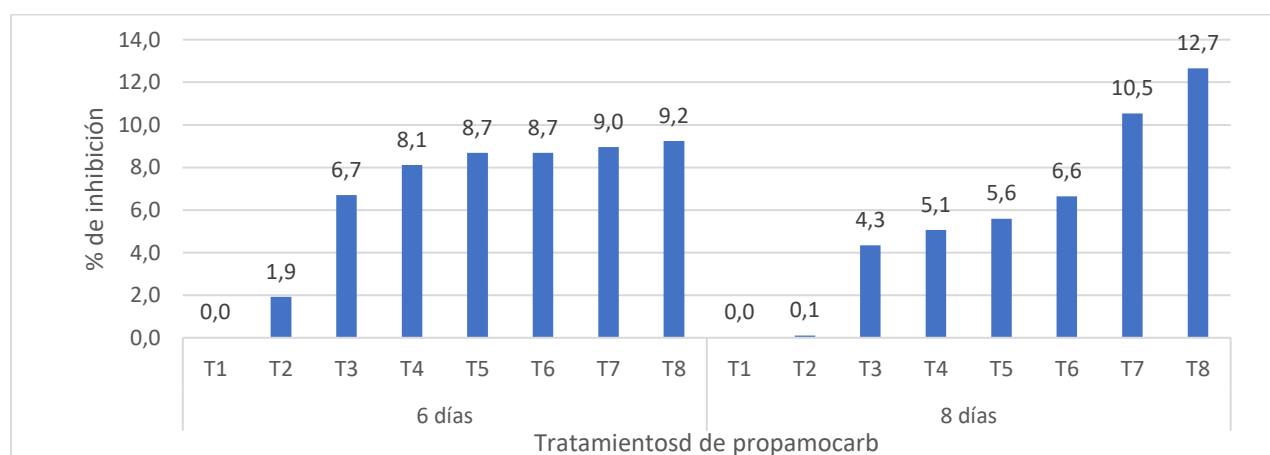


Figura 4. Inhibición de la colonia de *Phytophthora* sp. para los diferentes tratamientos de propamocarb a los seis y ocho días.

Los porcentajes de inhibición de la colonia de *Phytophthora* sp. para los diferentes tratamientos de cymoxanil a los seis y ocho días de iniciado el experimento mostró niveles bajos, no superior al 7 % hasta el tratamiento 7 (10 ppm), sin embargo, para el

tratamiento 8 (100 ppm) sobrepasó en ambos momentos el 45 % de inhibición, lo cual es indicativo de que aunque a esta concentración la inhibición fue más notable, a ninguna de las concentraciones estudiadas se alcanzó el 50 de inhibición (Figura 5).

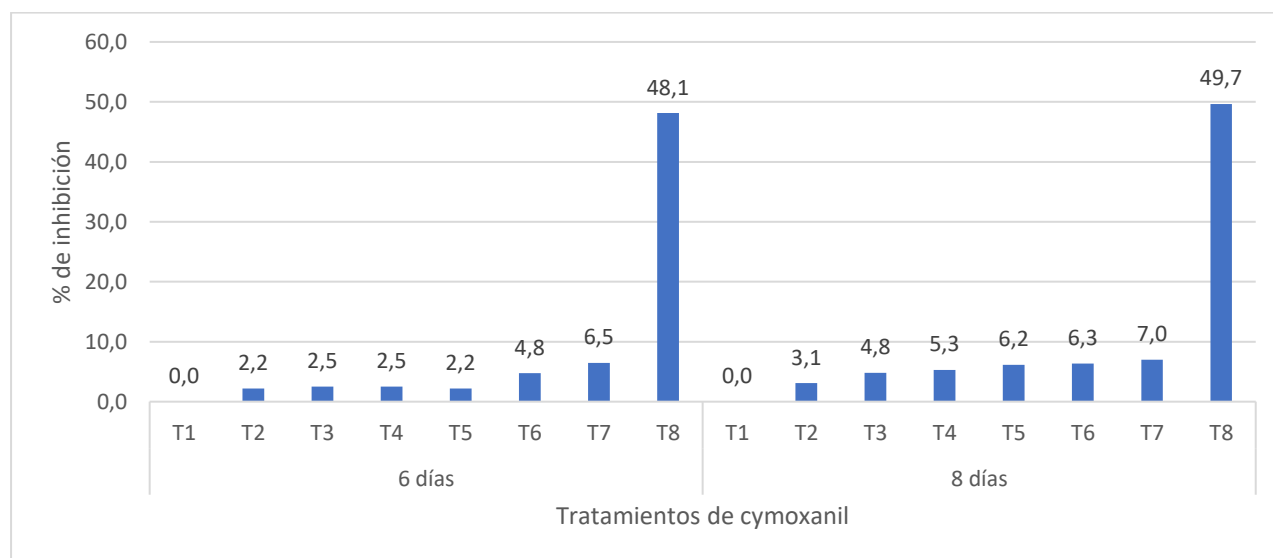


Figura 5. Inhibición de la colonia de *Phytophthora* sp. para los diferentes tratamientos de cymoxanil a los seis y ocho días.

Los porcentajes de inhibición de la colonia de *Phytophthora* sp. para los diferentes tratamientos de axoxystribin a los seis y ocho días de comenzado el experimento mostraron un incremento paulatino según aumentaban las concentraciones, sin

embargo, solo se alcanzó 40,7 % a los 6 días y 46,1 % a los ocho días en el tratamiento 8 (Figura 6), lo cual indica que a las concentraciones estudiadas no se alcanzó el 50 % de inhibición.

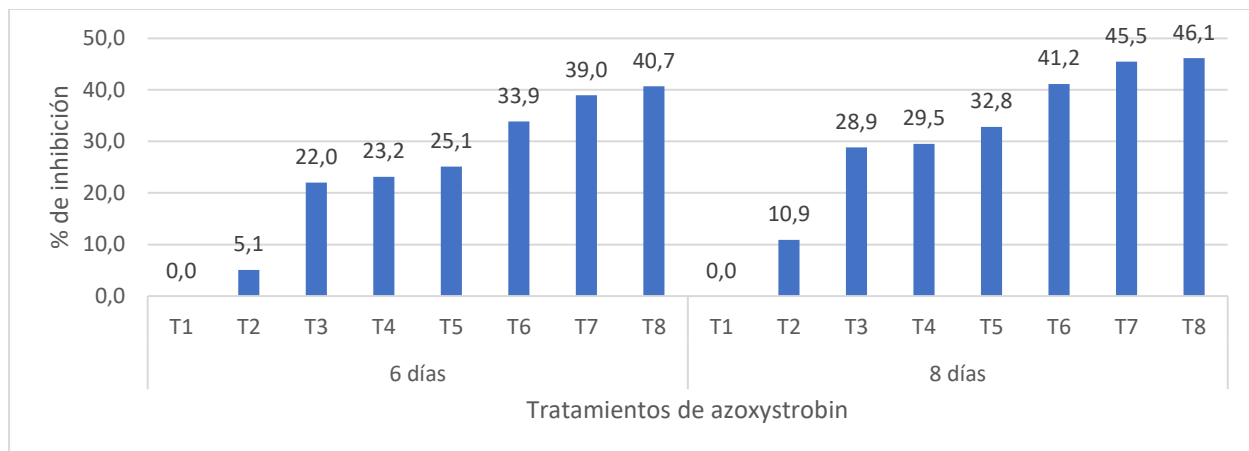


Figura 6. Inhibición de la colonia de *Phytophthora* sp. para los diferentes tratamientos de azoxystrobin a los seis y ocho días.

Por medio de la transformación de los porcentajes de inhibiciones en logit y las concentraciones en log y con el análisis de regresión se obtuvo una ecuación lineal con ajuste significativo de los datos $Y=0,311x+3,411$, a partir de la cual se estimó la concentración de 126842 ppm como la DL50 de propamocarb para la cepa obtenida de *Phytophthora* sp. Para cymoxanil el análisis de regresión permitió obtener una ecuación lineal $Y=0,431 + 3,482$, A partir de

la cual se estimó la concentración de 3288 ppm como la DL50 para la cepa estudiada del patógeno. Para azoxystrobin el análisis de regresión arrojó la ecuación lineal $Y=0,205 + 4,618$, también con ajuste significativo de los datos, por medio de la cual se estimó la concentración de 71,86 ppm como la DL50 de este fungicida para *Phytophthora* sp. aislada de la corona de fresa en Monteadentro (Tabla 3).

Tabla 3. Determinación de los valores de DL-50 para *Phytophthora* sp. según la curva dosis del fungicida /porcentaje de inhibición del crecimiento del patógeno a los 8 días.

Fungicida	Ecuación	X ² *	R	R ²	DL50 (ppm)		
					Cal.	L inf.	L. sup.
Propamocarb	$Y=0,311x+3,411$	0,695	0,849	0,722	126842	115883	137802
Cymoxanil	$Y=0,431 + 3,482$	0,874	0,893	0,798	3288	2969	3607
Axoxystrobin	$Y=0,205 + 4,618$	0,113	0,924	0,855	71,86	69,12	74,69

*. No diferencia estadística por la prueba de X².

Los resultados demuestran en general baja sensibilidad de la cepa de *Phytophthora* sp. aislada de la corona de fresa en Monteadentro a los tres fungicidas de los tres grupos o familias a químicas estudiadas. Teniendo en cuenta la clasificación de las cepas de hongos a fungicidas sistémicos propuesta por Torres et al. (2015), se puede considerar que la cepa estudiada es altamente resistente frente a propamocarb y cymoxanil (DL50 mayores de 100 ppm) y medianamente resistente frente a azoxystrobin (DL50 entre 10 y de 100 ppm).

La resistencia a estos fungicidas significa una disminución de la sensibilidad del patógeno a estas moléculas, resistencia que puede considerarse adquirida, porque estos fungicidas se han estado usando durante años en Pamplona, lo que ha permitido al cromista adaptarse a estos por diferentes mecanismos, logrando sobrevivir, reproducirse y propagarse aún después de la exposición a los fungicidas, aunque pudieron inicialmente controlar la población del patógeno como han señalado algunos investigadores (Hobbelen et al., 2014).

Se confirman las sospechas de Rodríguez et al., (2024) que realizaron un estudio evaluando antagonistas comerciales para el manejo de enfermedades fúngicas en fresa

en Pamplona, en el que usaban como testigos fungicidas químicos que contenían metalaxil, propamocarb y azoxystrobin, y donde se verificó un bajo nivel de eficacia en el control del damping off.

Los presentes resultados sugieren que no deben recomendarse para *Phytophthora* sp. estos fungicidas por el nivel de resistencia detectados, ni otros pertenecientes a las familias químicas estudiadas, por riesgo de resistencia cruzada, ya que miembros de un mismo grupo químico presentan similares mecanismos bioquímicos de acción (Hobbelen et al., 2014). La resistencia cruzada supone una mayor probabilidad de que moléculas fungitóxicas que pertenecen al mismo grupo químico con similar mecanismo de acción no sean efectivas (Carmona, 2007), por lo que la exposición de los patógenos a dos fungicidas que exhiben esta resistencia cruzada positiva aumenta el riesgo de resistencia (Ocampo, 2021).

En Colombia no se han encontrado resultados científicos sobre la sensibilidad de *Phytophthora* sp. aislada de fresa a los fungicidas sistémicos, sin embargo, Escudero et al. (2009) propusieron una metodología para monitorear la sensibilidad de poblaciones de cepas de *P. infestans* procedentes de diferentes zonas paperas de

Colombia donde se informa para el fungicida fenamidone valores de EC50 relativamente bajos entre 0,13 mg/L y 2,03 mg/L, atribuido a que esta molécula se comercializa poco en el país.

Otros resultados en papa mostraron que algunos aislamientos *P. infestans* presentaron resistencia al fungicida compuesto por Metalaxil + Mancozeb, alcanzando valores promedio de EC50 de 6,67 mg/L, mientras que para los fungicidas compuestos por cimoxanil + propineb y fluopicolide + propineb se presentaron niveles de sensibilidad intermedia y sensibles con valores de EC50 promedio de 1,57 mg/L y 2,61 mg/L (Chañag et al., 2018)

En Colombia Ocampo (2023), condujo una investigación con el objetivo de establecer una línea base de sensibilidad de cepas de *P. cinnamomi* obtenidas de aguacate frente a tres formulaciones comerciales de fungicidas y determinar el factor de riesgo en la generación de resistencia del patógeno frente a cada producto y propuso perfiles de sensibilidad para monitorear el cambio de sensibilidad de los aislamientos del patógeno frente a pyraclostrobin, metalaxil + mancozeb y fosetil-Al en el departamento de Antioquia, recomendando pyraclostrobin como una formulación complementaria para

el control de *P. cinnamomi* en aguacate, acompañado de un monitoreo para evaluar la pérdida de sensibilidad.

Para *P. infestans* se ha detectado mutaciones puntuales en el gen del citocromo b, relacionadas con resistencia al grupo Qol (inhibidores externos de quinona), al que pertenece azoxystrobin, mientras que los aislados de *Phytophthora* procedentes de fresa mostraron sensibilidad reducida al fungicida, lo que sugiere resistencia adquirida por presión de selección (Qin et al., 2016).

Un análisis más detallado de los valores tan altos de DL50 obtenidos para *Phytophthora* sp. frente a propamocarb y Cymoxanil en esta investigación, puso de manifiesto que en otras investigaciones también se han informado valores extremadamente altos como por ejemplo sobre la resistencia al fungicida metalaxil de la familia de las acilalaninas, uno de los principales productos utilizados para controlar la pudrición radicular del pimiento causada por *Phytophthora capsici*, se reportaron para dos cepas, valores de CE50 que variaron entre 120,0 ppm y 15573,0 ppm, respectivamente (Wang et al. 2020).

Por otra parte, en USA se determinó la sensibilidad de 89 aislados de *Phytophthora*

cactorum al fungicida azoxystrobin determinándose que la dosis efectiva para reducir el crecimiento del micelio DL 50 osciló entre 0,10 y 15 ml/L, (con riesgo de resistencia las que sobrepasaban 10 ml/L DL 50), valores muy inferiores a los determinados en la presente investigación, mientras que los ensayos realizados por estos autores con piraclostrobin, demostraron que el micelio de *P. cactorum* era más sensible a este fungicida que a la azoxystrobin (Rebollar-Alviter et al., 2007).

En una revisión de literatura en la que se examinó a fondo los mecanismos resistencia a los fungicidas, como las mutaciones en el sitio diana y las vías de desintoxicación

metabólica de los fungicidas utilizados habitualmente contra las especies de *Phytophthora*, permitió obtener información sobre la frecuencia de las mutaciones de resistencia en diversas especies de *Phytophthora* y zonas geográficas, destacando la existencia y el aumento de cepas resistentes a múltiples fármacos (Naqvi et al., 2024), por lo que estos autores recomiendan aumentar formas de manejo no químico como para las enfermedades causadas por este género, aspecto que se ha recomendado también para Pamplona a partir de múltiples resultados obtenido en varias investigaciones (Vega et al., 2019; Castellanos et al., 2020 a, b; Villamizar et al., 2024; Rodríguez et al., 2024).

CONCLUSIONES

La cepa de *Phytophthora* sp. aislada de raíces de fresa en la finca Los Eucaliptos en la vereda Monteadentro de Pamplona no fue inhibida en su crecimiento micelial a 100 ppm por ninguno de los fungicidas sistémicos enfrentados propamocarb, cymoxanil y azoxystrobin.

Se verificó baja sensibilidad de la cepa de *Phytophthora* sp. frente los tres fungicidas en estudio con presencia de fungoresistencia elevada frente a propamocarb, cymoxanil e

intermedia frente a azoxystrobin por lo que no es recomendable el empleo de estos productos ni de otros de los mismos grupos químicos para el control de la pudrición de la corona bajo estas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, O. S. C., González, L. C., & Novoa, N. C. (2022). Alternativas biológicas para el manejo de enfermedades fúngicas radicales y producción más limpia de la fresa. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 13(1), 77-89.
<https://doi.org/10.24054/raaas.v13i1.2721>
- Anaya-Andrade, Jonathan Esmith, González-Pedraza, Ana F, Castellano-González, Leónides. (2020). Contaminación con elementos traza en suelos cultivados con hortalizas. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria* ISSN 1692-712 ISSN Impreso 1692-7125 / ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 2. Pp: 67 -86.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.3209>
- Bayona Buitrago, Camilo Andrés; Cepeda, María Fernanda; León Castrillo, Lexy Carolina. (2022). Aprovechamiento de los subproductos agroindustriales de la cadena productiva de la yuca (*Manihot esculenta*): Una Revisión, *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp:. 111 – 131.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1658>
- Biswas, A. Melwmaine, K., Elavarthi, S., Jones, S., & Reddy, U. (2019), Characterization of strawberry (*Fragaria* spp) accessions by genotyping with SSR markers and phenotyping by leaf antiinsulant and trichome analysis. *Scentio florantur*, 256, 108561.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108561>
- Castellanos González, L. N. Céspedes Novoa y A. Baldovino Sanjuan, “Alternativas orgánicas para el logro de producciones más limpias de la fresa en Pamplona, Norte de Santander”, *INGE CUC*, vol. 16, no. 1, 2020.
<http://doi.org/10.17981/ingecuc.1612.2020.14>
- Castellanos, L., Baldovino, A., Céspedes, N., & Rivera, X. (2020a). Biopreparados para el control de enfermedades foliares de fresa, Pamplona, Colombia, aun una solución parcial. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(9), 933-951.
<http://doi.org/10.19230/jonnpr.3419>
- Castellanos, L., Céspedes, N., & Baldovino A. (2020b). Alternativas orgánicas para el logro de producciones más limpias de la fresa en Pamplona, Norte de Santander, *INGE CUC*, 16, 1, DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.1612.2020.14>

Castellanos L, González 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.

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, 2 Ed, Basilea, Suiza.
<https://doi.org/10.1186/s42483-021-00098-7>.

Chañag, H. A., Álvarez, S. L., Lagos, L. E., & Burbano-David, D. I. A. N. A. (2018). Sensibilidad de aislamientos de Phytophthora infestans procedentes de Solanum tuberosum a tres fungicidas sistémicos. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12(3), 592-601.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7859>

De Andrade, F. M., de Assis Pereira, T., Souza, T. P., Guimarães, P. H. S., Martins, A. D., Schwan, R. F., & Dória, J. (2019). Beneficial effects of inoculation of growth-promoting bacteria in strawberry. *Microbiological Research*, 223, 120-128.
<https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.04.005>

Gaston, A., Osorio, S, Denoyes, B., & Rohan, C. (2019). Applying the Solanaceae

Strategies to Strawberry Crop Improvement. *Trends in Plant Science*
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.10.003>

González, L. C., y Sanjuán, A. F. B. (2021). Enfermedades foliares más importantes del cultivo de la fresa en la zona de Pamplona. *Revista Ambiental Agua, Aire Y Suelo*, 12(1), 15-25.
<https://doi.org/10.24054/raaas.v12i1.2569>

Hobbelen, P. H. F.; N. D. Paveley and F. van den Bosch. (2014). The Emergence of Resistance to Fungicides. PLoS ONE 9(3): e91910. [doi:10.1371/journal.pone.0091910](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091910)

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2024). Registros nacionales de plaguicidas al 30 de abril de 2024.
https://www.ica.gov.co/getdoc/4f5eba46-6f63-4fe1-a63a-5397da9797b4/9-bd_registros-nacionales-plaguicidas_30-de-abril.aspx

Minagricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Informe sobre la producción y comercialización de fresas en Pamplona, Norte de Santander*. Bogotá, Colombia.

Montaño Rodríguez Miguel Ángel, Barrero Gabriela, Merchán Castellanos Nuri Andrea. (2024). Efecto Del Cinamaldehído Sobre El Crecimiento De Hongos Filamentosos Aislados En Cultivos De Fresa Y Uchuva. *Revista*

- @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 - ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 2. Pp:245 – 256.
<http://doi.org/10.24054/limentech.v22i2.3654>
- Naqvi, S.A.H., Farhan, M., Ahmad, M. et al. Deciphering fungicide resistance in *Phytophthora*: mechanisms, prevalence, and sustainable management approaches. *World J Microbiol Biotechnol* 40, 302 (2024).
<https://doi.org/10.1007/s11274-024-04108-6>
- Ocampo, D. (2021). Generación de una línea base de sensibilidad y valoración del riesgo de resistencia en *Phytophthora cinnamomi* frente al uso de formulaciones comerciales. *Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias. Maestría en Ciencias - Biotecnología*. Obtenido de <file:///C:/Users/Asus/Downloads/1035427093.2021%20Fungoresistencia%20MUY%20IMPORANTE%20Cano%20en%20aguacate.pdf>
- Pérez-Rodríguez, L. R., Pérez-Moreno, L., Guzmán-Mendoza, R., Sanzón-Gómez, D., & Belmonte-Vargas, J. R. (2019). Sensibilidad *in vitro* de hongos fitopatógenos causantes de enfermedades en fresa a controladores biológicos y fungicidas, en el estado de Guanajuato, México. *Acta Universitaria* 29, e2339.
<http://doi.org/10.15174.au.2019.2339>
- Pérez-Vicente, L. (2013). *Manual on fungicides and fungicide resistance monitoring in banana*. TCP-SLC-3402 Project-Development of Integrated Programmes and Action Plans for Black Sigatoka Disease Management in five countries of the Caribbean. <http://www.fao.org/3/a-as125e.pdf>.
- Pérez-Vicente, L., Santana, Y., García, O., Lovaina, Y., Pérez-Miranda, M., Rodríguez, J. A., & de Ávila, R. (2017). Eficacia de fungicidas antioomycetes en la desinfección de hijos de piña MD2 para el control de *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Dastur. *Revista de Protección Vegetal*, 32(2), 00-00.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522017000200007
- Qin, C. F., He, M. H., Chen, F. P., Zhu, W., Yang, L. N., Wu, E. J., ... & Zhan, J. (2016). Comparative analyses of fungicide sensitivity and SSR marker variations indicate a low risk of developing azoxystrobin resistance in *Phytophthora infestans*. *Scientific reports*, 6(1), 20483.
<https://doi.org/10.1038/srep20483>

- Rebollar-Alviter, A., Madden, L. V., Jeffers, S. N. y Ellis, M. A. 2007. Sensibilidad basal y diferencial a dos fungicidas QoI entre aislados de *Phytophthora cactorum* que causan podredumbre del cuero y podredumbre de la corona en fresa. *Plant Disease*. 91:1625-1637.
<https://doi.org/10.1094 / PDIS-91-12-1625>
- Rodríguez Y., Osorio N., Castellanos L., Pérez Y. (2024). Antagonistas comerciales para el manejo de enfermedades fúngicas del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), en el municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 1-14.
<https://doi.org/10.24054/cyta.v9i1.2952>
- Tarón Dunoyer Arnulfo; Barros Portnoy Israel; Mercado Camargo, Jairo. (2022). Caracterización de ácidos grasos y fenoles totales con actividad antioxidante de la semilla de durazno (*Prunus persica*). *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 77 – 91.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1667>
- Torres-Calzada, C., Tapia-Tussell, R., Higuera-Ciapara, I., Martin-Mex, R., Nexticapán-Garcez, A., & Perez-Brito, D. (2015). Sensitivity of *Colletotrichum truncatum* to four fungicides and characterization of thiabendazole-resistant isolates. *Plant Disease*, 99(11), 1590-1595.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-11-14-1183-RE>
- Vega Heiner, Castellanos Leónides, Céspedes Néstor, Sequeda Alexandra. 2019. Control alternativo de las enfermedades fúngicas foliares en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) en el municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Revista Ciencia y Tecnología agropecuaria*. Vol 4 No 1 pp. 10-21.
<https://doi.org/10.24054/cyta.v4i1.910>
- Villamizar, D. V. C., Ospino, P. P. R., González, L. C., & Novoa, N. E. C. (2022). Validación de una tecnología en producción limpia de fresa a pequeña escala en la finca Sol Vida del municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 3-18.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta>
- Wang W, Liu D, Zhuo X, Wang Y, Song Z, Chen F, Pan Y, Gao Z. The RPA190-pc gene participates in the regulation of metalaxyl sensitivity, pathogenicity and growth in *Phytophthora capsici*. *Gene*. 2021 Jan 5;764:145081.
<http://doi.org/10.1016/j.gene.2020>