



Artículo de Investigación / *Research Article*

Evaluación de la eficacia de fungicidas en el control de la mancha negra en yerba mate, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., causada por *Calonectria* spp.

Evaluation of the efficacy of fungicides in the control of black spot in yerba mate, Ilex paraguariensis A. St.-Hil., caused by Calonectria spp.

Marco Maidana-Ojeda¹

<https://orcid.org/0000-0002-1578-7454>

¹Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción". Unidad Pedagógica María Auxiliadora. María Auxiliadora, Paraguay. marcomo1987@gmail.com

Jordán Fernando Cáceres-González²

<https://orcid.org/0009-0005-8339-5347>

²Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción". Unidad Pedagógica Hohenau. Hohenau, Paraguay. sercac_99@hotmail.com

Ninfa Natalia Chamorro-Sostoa³

<https://orcid.org/0009-0008-0342-3195>

³Consultora Independiente. Paraguay. agroyerbamate@outlook.es

Marcelo Esteban Medina-Aquino¹

<https://orcid.org/0000-0002-8556-3966>

marceloes.net@hotmail.com

Octavio Jesús Gómez-Vega²

<https://orcid.org/0009-0000-5091-348X>

octaviojesus2003@gmail.com

Guillermo Andrés Enciso-Maldonado²

<https://orcid.org/0000-0002-9528-7627>

guillermo.enciso@uc.edu.py

INFORMACION SOBRE ARTICULO

Palabras Clave:

Calonectria spp

Carbendazim

Fluxapyroxad

Prothioconazole

Tebuconazole

Keywords:

Calonectria spp

Carbendazim

Fluxapyroxad

Prothioconazole

Tebuconazole

Historial del Artículo

Fecha de Recepción: 04/01/2025

Fecha de Aprobación: 10/04/2025

Fecha de Publicación: 23/04/2025

Área del conocimiento: Ciencias Agrícolas.

RESUMEN

La mancha negra en la yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), causada por *Calonectria* spp., representa una enfermedad de alto impacto económico y productivo, al reducir la superficie foliar y el rendimiento del cultivo. Esta problemática afecta tanto a viveros como a plantaciones comerciales en diversas regiones productoras, incluyendo Paraguay. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de distintos fungicidas en el control de la mancha negra en yerba mate en Repatriación del Este, distrito de Mayor Otaño, Itapúa, Paraguay. Se aplicaron tratamientos con oxiclورو de cobre, carbendazim, tebuconazole, y combinaciones de pyraclostrobin con fluxapyroxad y epoxiconazole, además de azoxystrobin con prothioconazole, comparados con un testigo sin aplicación. El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey y comparaciones por pares como análisis post-hoc. Los resultados mostraron una reducción significativa de la defoliación en todos los tratamientos en comparación con el testigo. En la segunda evaluación, tebuconazole, oxiclورو de cobre y la mezcla de pyraclostrobin + fluxapyroxad + epoxiconazole fueron los más efectivos. Aunque el ANOVA para el rendimiento no mostró diferencias significativas ($p = 0,0600$), el análisis post-hoc reveló rendimientos significativamente superiores en esos tres tratamientos respecto al testigo. No se encontraron diferencias significativas en la caída de hojas. Estos resultados resaltan el potencial de ciertos fungicidas en el manejo de esta enfermedad bajo condiciones de campo.

ABSTRACT

Black spot in yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), caused by *Calonectria* spp., is a disease with high economic and productive impact, as it significantly reduces leaf area and crop yield. This issue affects both nurseries and commercial plantations in several production regions, including Paraguay. In this context, the objective of this study was to evaluate the efficacy of different fungicides for controlling black spot in yerba mate in Repatriación del Este, Mayor Otaño district, Itapúa, Paraguay. Treatments included copper oxychloride, carbendazim, tebuconazole, and combinations of pyraclostrobin with fluxapyroxad and epoxiconazole, as well as azoxystrobin with prothioconazole, compared to an untreated control. The experiment was conducted using a randomized complete block design with six treatments and four replications. Data were analyzed through analysis of variance (ANOVA), and Tukey's test and pairwise comparisons were applied as post-hoc analyses. The results showed a significant reduction in defoliation for all fungicide treatments compared to the control. In the second evaluation, tebuconazole, copper oxychloride, and the pyraclostrobin + fluxapyroxad + epoxiconazole mixture were the most effective. Although the ANOVA for yield did not show statistically significant differences ($p = 0.0600$), post-hoc analysis revealed significantly higher yields for these three treatments compared to the control. No significant differences were found in leaf fall. These findings highlight the potential of specific fungicides for effective black spot management in yerba mate under field conditions.

Autor de correspondencia

Email: guillermo.enciso@uc.edu.py (Guillermo Andrés Enciso Maldonado)

<https://doi.org/10.70833/rseisa19item660>

Conflictos de Interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés de ningún tipo.

Este es un artículo de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY. Licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Citación recomendada: Maidana-Ojeda, M., Cáceres González, J. F., Chamorro-Sostoa, N. N., Medina-Aquino, M. E., Gómez-Vega, O. J., Enciso-Maldonado, G. A., (2025). Evaluación de la eficacia de fungicidas en el control de la mancha negra en yerba mate, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., causada por *Calonectria* spp. Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico (Encarnación), 19(19): e2025003

Introducción.

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) nativa de la región subtropical de Sudamérica, constituye un cultivo esencial para Paraguay, Argentina y Brasil, donde se concentra gran parte de su producción. Su valor radica tanto en aspectos culturales como económicos, pues es una fuente importante de ingresos para los productores locales (Alwang et al., 2022). Sin embargo, diversos patógenos fúngicos amenazan su rendimiento, por ejemplo, *Ceratobasidium niltonsouzanum*, *Cylindrocladium spathulatum*, *Pseudocercospora mate*, *Asterina sphaerelloides*, *Colletotrichum gloeosporioides* aff var. *yerbae*, y *Phyllosticta* sp. como causantes de enfermedades foliares, mientras que se ha reportado a *Alternaria* sp., *Phoma* sp., *Colletotrichum* sp., y *Ceratocystis fimbriata* como patógenos del tallo y ramas. Por otro lado, los hongos *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp., *Fusarium* sp., y *Rosellinia* sp. son conocidos por causar pudriciones de raíz (Vereschuk et al., 2024). Entre estas enfermedades, la mancha negra provocada por *Calonectria* spp. es una de las de mayor importancia debido a que puede afectar viveros y plantaciones comerciales (Maidana-Ojeda et al., 2016; Grigoletti et al., 2000).

La mancha negra de la yerba mate se caracteriza por la aparición de lesiones circulares y oscuras que pueden alcanzar hasta 2 cm de diámetro. Al progresar, reduce el área foliar, provocando defoliaciones severas y mermando significativamente el rendimiento de la planta. Estudios en viveros han observado pérdidas de hasta un 30% de las mudas atacadas por *Calonectria* spp. (Grigoletti et al., 2000). Además, factores como precipitaciones elevadas o desequilibrios nutricionales agravan la caída de hojas en épocas críticas (Maslof et al., 2014).

En respuesta a estas amenazas, se han emprendido ensayos para evaluar fungicidas sistémicos y de contacto, constatándose que principios activos como benomyl, captan, tebuconazole o combinaciones de

estrobilurinas con triazoles disminuyen la severidad de la mancha negra (Grigoletti y García, 2003; Aiello et al., 2013). No obstante, la eficacia de cada producto depende de la especie específica de *Calonectria*, las condiciones ambientales y la técnica de aplicación. Además, se ha visto que, dependiendo la concentración del fúngica, existe variación de respuesta en el control de *C. spathulatum* en condiciones *in vitro*, por ejemplo, Maidana-Ojeda et al. (2020) encontraron que las colonias de este patógeno se reducen significativamente hasta 100% con 1 ppm de carbendazim, 5 ppm de tebuconazole, 100 ppm propiconazole, mientras que con el fungicida azoxystrobin + cyproconazole a 100 ppm la inhibición fue solamente del 73%.

En Paraguay, se ha reportado y confirmado un incremento notable de la mancha negra en distintas zonas productoras, lo que representa un reto para los agricultores (Maidana Ojeda et al., 2016). Por ello, resulta esencial generar y difundir conocimiento que guíe la aplicación de fungicidas adecuados en el momento y dosis óptimos, minimizando así el perjuicio en las hojas, la parte comercial más valiosa de la yerba mate.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de fungicidas para el control de la mancha negra en yerba mate, causada por *Calonectria* spp., comparando la severidad de la enfermedad bajo distintos tratamientos, cuantificando el porcentaje de hojas caídas y analizando el efecto de estas aplicaciones sobre el rendimiento final

Materiales y Métodos.

El presente ensayo se llevó a cabo entre setiembre de 2016 y junio de 2017 en la localidad de Repatriación del Este, ubicada en el distrito de Mayor Julio Dionicio Otaño, Departamento de Itapúa, Paraguay. Sus coordenadas son 26°18'49''S y 54°45'03''O, a una altitud promedio de 195 msnm. El área experimental se asienta sobre un suelo clasificado como Rhodic Kandiodox (Oxisol) de textura arcillosa

fina. El clima de la zona presenta una temperatura media anual de 21 °C, con máximas de 30 °C y mínimas de 15 °C, y un régimen de precipitaciones cercano a 1800 mm por año, registrándose 1685 mm durante el periodo de estudio.

La parcela de investigación se estructuró en unidades experimentales conformadas por dos hileras de 4 metros de plantas de yerba mate, con una edad aproximada de 12 años. Se dispuso una separación de 3 metros entre hileras y 2 metros entre plantas, abarcando un área de 24 m² por unidad (incluyendo cuatro plantas). El diseño experimental aplicado fue de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se incluyeron cinco fungicidas comerciales y un testigo sin aplicación. En la Tabla 1 se detallan los tratamientos aplicados.

Se realizaron dos aplicaciones, la primera el 19 de febrero de 2017 durante la segunda brotación y la segunda el 9 de abril de 2017 en la tercera brotación. Para la aplicación se utilizó un pulverizador motorizado de mochila con presión constante, boquilla de pico cónico y un caudal de 180 L·ha⁻¹ de agua, bajo condiciones de 25 °C, 85% de humedad relativa y vientos de 5 km·h⁻¹.

Tabla 1.
Tratamientos aplicados a las parcelas en estudio.

Tratamiento	Fungicida	Cantidad aplicada
T1	Testigo	0 mL·ha ⁻¹
T2	Oxicloruro de cobre 58,8 %	1500 mL·ha ⁻¹
T3	Carbendazim 50 %	1500 mL·ha ⁻¹
T4	Tebuconazole 43 %	400 mL·ha ⁻¹
T5	Pyraclostrobin 86,9 % + fluxapyroxad 5 % + epoxiconazole 5 %	800 mL·ha ⁻¹
T6	Azoxystrobin 23 % + prothioconazole 22 %	400 mL·ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia (2025).

El manejo agronómico incluyó la fertilización con 280 kg·ha⁻¹ de superfosfato triple (00-46-00 de N-P-K) en la primera brotación (setiembre), seguida de 50 kg·ha⁻¹ de superfosfato triple (00-46-00 de N-P-K), más 100 kg·ha⁻¹ de urea (46-00-00 de N-P-K) en

diciembre de 2016, depositados bajo la copa de las plantas. El control de malezas se efectuó mensualmente de forma mecánica mediante una desmalezadora manual. Para el control de plagas, se aplicó 0,3 L·ha⁻¹ de imidacloprid 15% + lambdacialotrina 12,5% frente a altas infestaciones de *Gyropsylla spegazziniana* y 0,2 L·ha⁻¹ de abamectina 1,8% contra *Tetranychus urticae*.

Las variables evaluadas fueron el porcentaje de defoliación, medida 30 días tras cada aplicación de tratamientos mediante la escala de Ferretti (1994), que categoriza la defoliación en cinco clases: clase 0 (0-10%, defoliación nula), clase 1 (11-25%, defoliación ligera), clase 2 (26-60%, defoliación moderada), clase 3 (>60%, defoliación grave) y clase 4 (100%, defoliación total o árbol muerto), el peso de hojas caídas (peso de hojas recolectadas en cada parcela, en kg·ha⁻¹) y rendimiento por planta (peso de hojas y ramas cosechadas, en kg·ha⁻¹).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) para cada variable evaluada. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias. En los casos en que el valor de probabilidad obtenido en el ANOVA fue cercano al umbral de significancia ($p \approx 0,05$), se procedió a realizar un análisis post-hoc utilizando la prueba de comparación de medias de Tukey y comparaciones por pares entre tratamientos y el testigo, con el objetivo de detectar posibles diferencias no evidenciadas por el ANOVA global. Todos los análisis fueron realizados utilizando el software InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

Resultados.

En la primera evaluación de la defoliación (30 días tras la aplicación de los tratamientos), se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,01$) entre los fungicidas y el testigo (Tabla 2). Los tratamientos fungicidas redujeron la defoliación a valores considerados ligeros o moderados, mientras

que el testigo superó el 15%, llegando en algunas repeticiones a niveles graves. Para la segunda evaluación, 30 días después de la segunda aplicación, se observaron nuevamente diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre los tratamientos y el testigo (Tabla 2).

En cuanto a la caída de hojas, los valores fueron muy variables y no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos (Tabla 2), observándose que el testigo alcanzó valores similares a los tratamientos con fungicidas. Por último, el rendimiento no mostró diferencias estadísticas ($p = 0,0600$), con promedios que oscilaron alrededor de $8669 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tabla 2). No obstante, el análisis post-hoc de comparación de medias reveló que los tratamientos con oxicloruro de cobre, tebuconazole y la mezcla de pyraclostrobin + fluxapyroxad + epoxiconazole generaron rendimientos significativamente superiores al testigo, con incrementos de hasta 2631, 2519 y $3110 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente. Aunque estas diferencias no fueron detectadas por el ANOVA inicial ($p = 0,0600$), los resultados sugieren que dichos tratamientos podrían ejercer un efecto positivo sobre la producción de hojas y ramas, destacando su potencial agronómico bajo condiciones de campo. La Figura 1 representa un diagrama de cajas (boxplot) que resume la distribución del rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de yerba mate para cada tratamiento fungicida, la cual permite comparar de forma clara la consistencia y el rendimiento promedio de cada tratamiento. En particular, se observa que los tratamientos con tebuconazole (T4), oxicloruro de cobre (T2) y la mezcla de pyraclostrobin + fluxapyroxad + epoxiconazole (T5) no solo presentan medianas superiores al testigo, sino también distribuciones más compactas, lo que sugiere mayor estabilidad en su desempeño.

En la Tabla 3 se exponen los resultados de cada tratamiento por bloque con la finalidad de exponer el comportamiento de los datos en cada unidad experimental.

Tabla 2. Porcentaje promedio de defoliación en dos evaluaciones, hojas caídas y rendimiento de yerba mate con distintos tratamientos de fungicidas. Mayor Otaño, ciclo 2016/2017.

Tratamiento	Fungicida	Defoliación – primera evaluación (%)	Defoliación – segunda evaluación (%)	Hojas caídas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
T1	Testigo (0 $\text{ml} \cdot \text{ha}^{-1}$)	15,7 b	56,1 b	1906	6739
T2	Oxicloruro de cobre 58.8% (1500 $\text{ml} \cdot \text{ha}^{-1}$)	8,1 a	23,7 a	1016	9370
T3	Carbendazim 50% (1500 $\text{ml} \cdot \text{ha}^{-1}$)	8,0 a	44,9 ab	1758	7916
T4	Tebuconazole 43% (400 $\text{ml} \cdot \text{ha}^{-1}$)	6,8 a	28,3 ab	1869	9258
T5	Pyraclostrobin 86.9% + Fluxapyroxad 5% + Epoxiconazole 5% (800 $\text{ml} \cdot \text{ha}^{-1}$)	8,9 a	22,5 a	1909	9849
T6	Azoxystrobin 23% + Prothioconazole 22% (400 $\text{ml} \cdot \text{ha}^{-1}$)	4,7 a	37,2 ab	1941	8885

Fuente: Elaboración propia (2025).

Notas: Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$). CV(%) para 1ra Sev.: 37,74; 2da Sev.: 35,22; Hojas caídas: 63,91; Rendimiento: 16,10.

Tabla 3. Datos del porcentaje de defoliación en dos evaluaciones, hojas caídas y rendimiento de yerba mate tras la aplicación de cada fungicida y repetición. Mayor Otaño, ciclo 2016/2017.

Fungicidas	Bloque	Defoliación – primera evaluación (%)	Defoliación – segunda evaluación (%)	Hojas caídas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Testigo	1	16,0	66,7	896	7279
Testigo	2	8,0	57,5	3075	6459
Testigo	3	21,0	46,7	1371	5564
Testigo	4	18,0	53,3	2283	7652
Oxicloruro de cobre 58,8%	1	11,0	10,0	850	9663
Oxicloruro de cobre 58,8%	2	1,8	25,0	708	8550
Oxicloruro de cobre 58,8%	3	10,0	30,0	963	10745
Oxicloruro de cobre 58,8%	4	9,5	30,0	1542	8521
Carbendazim 50%	1	5,0	33,3	2067	7502
Carbendazim 50%	2	3,0	33,8	317	7678
Carbendazim 50%	3	17,5	67,5	3379	6602
Carbendazim 50%	4	6,5	45,0	1267	9880
Tebuconazole 43%	1	8,5	15,0	1554	10894
Tebuconazole 43%	2	6,5	26,7	975	7101
Tebuconazole 43%	3	7,0	40,0	588	10916
Tebuconazole 43%	4	5,3	31,3	4358	8121
Pyraclostrobin 86,9% + Fluxapyroxad 5% + Epoxiconazole 5%	1	10,5	28,8	2696	10948
Pyraclostrobin 86,9% + Fluxapyroxad 5% +	2	6,5	10,0	1308	10366

Epoxiconazole 5%					
Pyraclostrobin 86,9% + Fluxapyroxad 5% + Epoxiconazole 5%	3	10,5	17,5	2083	7979
Pyraclostrobin 86,9% + Fluxapyroxad 5% + Epoxiconazole 5%	4	8,0	33,8	1550	10102
Azoxystrobin 23% + Prothioconazole 22%	1	6,3	27,5	1088	9402
Azoxystrobin 23% + Prothioconazole 22%	2	4,8	41,3	1388	6701
Azoxystrobin 23% + Prothioconazole 22%	3	3,5	20,0	1404	10595
Azoxystrobin 23% + Prothioconazole 22%	4	4,3	60,0	3883	8843

Fuente: Elaboración propia (2025).

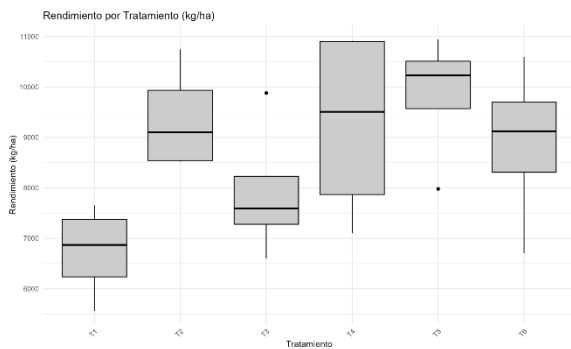


Figura 1. Rendimiento de yerba mate ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) según tratamiento con fungicidas. T1 = Testigo ($0\text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$); T2 = Oxicloruro de cobre 58,8% ($1500\text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$); T3 = Carbendazim 50% ($1500\text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$); T4 = Tebuconazole 43% ($400\text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$); T5 = Pyraclostrobin 86,9% + Fluxapyroxad 5% + Epoxiconazole 5% ($800\text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$); T6 = Azoxystrobin 23% + Prothioconazole 22% ($400\text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Discusiones.

Los resultados confirman la eficacia de los fungicidas para reducir la severidad de la defoliación provocada por *Calonectria* spp. en yerba mate, al observarse diferencias notables entre todos los tratamientos y el testigo. Estas observaciones coinciden con los reportes de Grigoletti y García (2003), quienes resaltaron la acción de triazoles y estrobilurinas, solos o combinados, en la reducción de la incidencia de manchas foliares de *Calonectria* en cultivos de yerba mate. Asimismo, Aiello et al. (2013) describen la eficacia de fungicidas sistémicos en la mitigación de infecciones en viveros ornamentales, lo que sugiere un amplio espectro de efectividad contra diferentes

especies de *Calonectria*. Cabe resaltar que, actualmente, varios fungicidas como el carbedazim, captan, benomilo y otros defensivos agrícolas como el fosfito y el sulfato de cobre pentahidratado se emplean comúnmente en viveros o campos de la región noreste de la provincia de Misiones, Argentina, así como también para el tratamiento de otras especies forestales (Vereschuk et al., 2024; Carvajal-Salazar et al., 2022). También, es importante destacar que ninguno de estos fungicidas ha sido previamente evaluado en condiciones de campo, sin embargo, Maidana-Ojeda et al. (2020) han analizado su efecto en condiciones *in vitro*, encontrando que existe diferencias en el control en función a la concentración y el ingrediente activo.

Aunque el porcentaje de defoliación se redujo con el uso de fungicidas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la caída de hojas ni en el rendimiento total. Este hallazgo podría atribuirse a factores ajenos al patógeno, como condiciones climáticas adversas que favorecieron la dispersión de esporas (Maslof et al., 2014) o a disturbios fisiológicos de la planta, lo que enmascaró el efecto benéfico del control químico. Además, la elevada pluviometría registrada en meses puntuales del ciclo del cultivo coincide con lo reportado por Maidana Ojeda et al. (2016), quienes enfatizan en la influencia de precipitaciones intensas sobre la incidencia y la severidad de enfermedades fúngicas.

Pese a ello, la disminución en el porcentaje de defoliación evidencia una protección significativa del área foliar, lo que indica que, bajo mejores condiciones de manejo y un monitoreo más estricto de la fenología del cultivo, estos tratamientos fungicidas podrían reflejarse en un aumento del rendimiento (Vereschuk et al., 2024). De cara a futuros trabajos, convendría integrar medidas de control cultural, ajustes en la fertilización y prácticas agronómicas complementarias (Ohashi et al., 2018) de manera que se optimice el efecto de los fungicidas y se minimicen

las pérdidas económicas asociadas a la mancha negra en el cultivo de yerba mate.

Además, aunque el análisis de varianza para el rendimiento total no arrojó diferencias significativas a un nivel de probabilidad convencional ($p = 0,0600$), un análisis post-hoc de comparación de medias reveló que los tratamientos con oxicloruro de cobre (T2), pyraclostrobin + fluxapyroxad + epoxiconazole (T5) y tebuconazole (T4) fueron estadísticamente superiores al testigo (Figura 1). Esta observación sugiere que, si bien la variabilidad interna pudo haber limitado la detección de diferencias en el ANOVA general, ciertos tratamientos sí promovieron un mayor rendimiento de hojas y ramas respecto al control sin fungicidas. Esta evidencia refuerza el potencial agronómico de estos principios activos y sugiere que, bajo condiciones de manejo óptimo, podrían traducirse en mejoras significativas en la productividad del cultivo de yerba mate.

Por último, en los últimos años, existe una creciente preocupación sobre el uso de agroquímicos en cultivos destinados al consumo directo, como la yerba mate, debido al impacto potencial en la salud humana y el medioambiente. Nuevas investigaciones han enfatizado la importancia de ajustar dosis, optimizar frecuencias de aplicación y evaluar alternativas menos contaminantes y más sostenibles, como fungicidas biológicos o estrategias de manejo integrado (Ohashi et al., 2018; Alwang et al., 2022; Vereschuk et al., 2024). Por ello, aunque los resultados del presente estudio destacan la eficacia de fungicidas tradicionales como carbendazim y tebuconazole, es importante considerar que el mercado y los consumidores demandan cada vez más productos con mínimo impacto ambiental y residuos químicos. Futuros trabajos deberían orientarse hacia la evaluación comparativa de la eficacia de alternativas ecológicamente más aceptables, considerando la sensibilidad particular del cultivo de yerba mate como producto consumido directamente por las personas.

Conclusiones.

En este estudio, los fungicidas empleados lograron disminuir de manera significativa la severidad de la defoliación causada por *Calonectria* spp. en yerba mate en comparación con el testigo, evidenciando su eficacia para el control de la mancha negra. En la segunda evaluación, se destacaron especialmente los tratamientos con pyraclostrobin combinado con fluxapyroxad y epoxiconazole (T5), tebuconazole (T4) y oxicloruro de cobre (T2). Si bien el análisis de varianza para el rendimiento no mostró diferencias significativas al nivel tradicional ($p \leq 0,05$), un análisis post-hoc evidenció que estos tres tratamientos presentaron rendimientos significativamente superiores al testigo, lo que indica un efecto positivo indirecto sobre la productividad del cultivo. No obstante, no se observaron diferencias en la cantidad de hojas caídas, lo que sugiere que otros factores, como las condiciones climáticas extremas y posibles disturbios fisiológicos, inciden en la defoliación y, por ende, en el desempeño productivo. Estos resultados destacan la necesidad de implementar estrategias de manejo integradas que potencien el efecto de los fungicidas y contribuyan a una producción más eficiente y sostenible de yerba mate.

Referencias.

- Aiello, D., Cirvilleri, G., Polizzi, G., & Vitale, A. (2013). Effects of fungicide treatments for the control of epidemic and exotic *Calonectria* diseases in Italy. *Phytopathology*, 97(1), 37–43.
- Alwang, J., Villacis, A., Barrera, V., & IDB Invest (2022). *Credence Attributes and Opportunities: Yerba Mate in Paraguay*. <https://doi.org/10.18235/0003962>
- Carvajal-Salazar, V. A., Agudelo, L. A., Cardona-Cortés, G., Castro-Caicedo, B. L., Salazar, M., Gaitán-Bustamante, Á. L., ... & Enciso-Maldonado, G. A. (2022). Alternativas para el manejo de pudriciones de raíz del cacao causada por *Rosellinia* spp. *Revista*

sobre estudios e investigaciones del saber académico, (16), e2022015-e2022015.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Ferretti, M. (1994). *Especies forestales mediterráneas: Guía para la evaluación de las copas*. Bruselas-Ginebra: CEE-UN/ECE. 93 p.

Grigoletti, J. A., García, A., & Tadeu, E. (2000). *Manual de identificação de pragas e doenças da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.)*. Documentos, 44. Colombo, Brasil: Embrapa. 23 p.

Grigoletti, J. A., & García, A. (2003). Efeito de fungicidas no controle da pinta-preta da erva-mate. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 46, 91–96.

Maidana-Ojeda, M., Chamorro, N., Barzalá, M., & Fretes Bareiro, E. (2016). Primer reporte de la mancha negra en yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill) causada por *Calonectria sphaulata* en Paraguay. *Investigación Agraria*, 18(2), 111–115.

Maidana-Ojeda, M., Medina, M., Hauptenthal, D., Fernandez-Gamarra, M., Sanabria, A. D., & Enciso, G. (2020). Fungicide sensitivity of *Calonectria sphaulata*, causal agent of yerba mate leaf black spot. *Plant Health 2020 Online*.

Maslof, V., Caballero, V., & Gómez, A. F. (2014). Aplicación de bioestimulantes para reducir la caída de hojas en yerba mate (*Ilex paraguariensis*). *Revista sobre estudios e Investigaciones del Saber Académico*, 8(8), 7–10.

Ohashi, D. V., De Coll, O. D. R., Mayol, R. M., Munaretto, N., Escalada, R., Fontana, H. P., Molina, S. P., Balsamo, M., Arndt, G. M., Skromeda, M. M., Kuzdra, H. J., & Schoffen, V. C. (2018). *Propuesta de manejo integrado de plagas para el cultivo de Yerba Mate*. En *Manejo integrado del cultivo*. Ediciones INTA.

Vereschuk, M. L., Alvarenga, A. E., & Zapata, P. D. (2024). Fungal Diseases in Yerba Mate: Status and Management Strategies. *Current Microbiology*, 81(7), 190.