

Diagnóstico y control de *Neopestalotiopsis rosae* Maharachch., KD Hyde & Crous en cultivos hortícolas

Diagnosis and control of *Neopestalotiopsis rosae* Maharachch., KD Hyde & Crous in horticultural crops

¹María Magdalena Cervantes-Zúñiga^{ORCID}, ¹Agustín Hernández-Juárez^{ORCID}, ¹Gabriel Gallegos-Morales^{ORCID}, ²Juan Carlos Delgado Ortiz^{ORCID}, ¹Epifanio Castro-del Ángel^{ORCID}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. México. ²Investigadoras e investigadores por México, CONAHCYT. [§]Autor de correspondencia: (epifanio.castro@uaaan.edu.mx)

Resumen

Neopestalotiopsis rosae (Maharachch., KD Hyde & Crous) es un hongo emergente que ha causado pérdidas de rendimiento hasta el 70 % en México y otras partes del mundo, tomando importancia en los últimos años debido a que ocasiona enfermedades como la pudrición de la corona en diversos cultivos como la fresa. Actualmente la información sobre la descripción, identificación, control se encuentran dispersas es por eso que, el objetivo de esta revisión fue realizar un análisis profundo sobre las publicaciones, de la situación actual de *N. rosae* en el país, descripción, identificación y control, y las soluciones recientes que busquen mitigar los daños de este hongo. Se realizó una revisión bibliográfica de *N. rosae* en la siguiente base de datos: Google académico, Google Scholar, Scielo, Science Direct, Scopus y Redalyc. Se utilizaron las palabras claves: *Neopestalotiopsis rosae*, diagnóstico, identificación, morfológica, molecular, control, la recopilación de la información sobre la especie de *Neopestalotiopsis rosae* reportada. Se observaron los reportes recientes de la enfermedad y las técnicas para su diagnóstico nuevas que aportan información valiosa para la oportuna detección de la enfermedad. *N. rosae* se encuentra descrito y clasificado taxonómicamente, así como determinada su distribución geográfica y actualizados los nuevos reportes de su incidencia; sin embargo, es importante actualizar los reportes constantemente sobre todo en zonas de nuevas incidencias, por lo que es importante el desarrollo y conocimiento de técnicas de detección temprana

para su correcta y eficaz clasificación, que ayude a enfrentar al patógeno sin permitir que este afecte de manera significativa los cultivos.

Palabras clave: control, cultivos, identificación del fitopatógeno, pudrición de la corona.

Abstract

Neopestalotiopsis rosae (Maharachch., KD Hyde & Crous) is a fungus emerging that has caused yield losses up to 70 % in Mexico and other parts of the world, taking importance in recent years because it causes diseases such as crown rot in various crops such as strawberry. Currently the information on the description, identification, control is dispersed, for this reason, the objective of this review was to perform an in-depth analysis of the publications, the current situation of *N. rosae* in the country, description, identification and control, and recent solutions that seek to mitigate the damage of this fungus. A bibliographic review of *N. rosae* was carried out in the following databases: Google Scholar, Google Scholar, Scielo, Science Direct, Scopus and Redalyc. The keywords were used: *Neopestalotiopsis rosae*, diagnosis, identification, morphological, molecular, Control, the collection of information on the species of *Neopestalotiopsis rosae* reported. The most recent reports of the disease and the newest diagnostic techniques were observed, which provide valuable information for the timely detection of the disease. *N. rosae* is described and classified taxonomically, as well as its geographic distribution determined and the new reports of its incidence updated; however it is important to update the reports constantly,

especially in areas of new incidences, so it is important to develop and know early detection techniques for its correct and effective classification, which helps to confront the pathogen without allowing it to significantly affect crops.

Index words: control, crops, phytopathogen identification, crown rot.

Introducción

Una gran diversidad de cultivos se ve altamente afectada por varios patógenos que disminuyen el rendimiento, así como la calidad, lo cual trae como resultado en pérdidas económicas importantes (Xu-J et al., 2022). Estos microorganismos patógenos pueden causar una variedad de enfermedades importantes, incluyendo la mancha foliar (*Mycosphaerella fragariae*), la podredumbre del fruto y del rizoma (*Botrytis* sp., *Phytophthora* spp. y *Collototrichum* sp.) y el marchitamiento (*Fusarium* spp. y *Verticillium* sp.), que no solo ocasionan pérdidas en el rendimiento cuantitativamente, sino que también tienen un impacto negativo en la calidad del fruto, volviéndola inservible para el mercado (Ghimire et al., 2023). Los patógenos obligan a los productores a aumentar los insumos agrícolas, es decir, los fungicidas y la mano de obra, lo que aumenta los costos de producción y complica las prácticas agrícolas (Sinuhaji et al., 2024). Recientemente algunos patógenos fúngicos emergentes como *Pestalotia* spp. se han reconocido cada vez más como amenazas graves en varios países productores de fresas, incluidos India, Israel, Egipto, Estados Unidos y Brasil (Schierling et al., 2024). Lo cual nos indica la importancia que tiene estas enfermedades y lo que conlleva a los desafíos de los productores para manejar estas enfermedades de manera adecuada. Entre estos hongos se encuentra *Neopestalotiopsis rosae*, surgido como un hongo fitopatógeno de importancia creciente en los últimos años (Acosta-González et al., 2024).

Pestalotia es un género y los hongos previamente agrupados bajo este género han sido clasificados bajo varios géneros como *Pestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis* y *Neopestalotiopsis*, entre otros (Chen et al., 2021). En general, se sabe que los miembros que pertenecen al género *Pestalotiopsis*, incluida *Neopestalotiopsis* spp., causan enfermedades en una amplia gama de plantas hospedantes, incluida la fresa (Ayoubi y Soleimani, 2016). Estas enfermedades a menudo provocan síntomas como manchas en las hojas, podredumbre de la fruta y tizón, y pueden ser importantes en climas húmedos y cálidos que favorecen el crecimiento de hongos (Baggio et al., 2021). Los informes de varias regiones indican que los patógenos relacionados se asociaron con la producción de fresas en varios países.

Neopestalotiopsis rosae es un hongo fitopatógeno que ha sido identificado en varias regiones del mundo, incluyendo México, en Guanajuato, se han observado infecciones en cultivos de fresa, principalmente en los municipios donde la producción de esta fruta es significativa (Álvarez et al., 2024). En 2018, en el municipio de Jacona, Michoacán, se inició la investigación de una enfermedad desconocida que provocaba el colapso de las plantas de fresa, mostrando un alto potencial de daño. Algunos productores tuvieron que replantar varias veces y en algunos casos hubo pérdidas totales de las plantaciones. Las pérdidas estimadas en la región ascendieron a 2500 millones de pesos (Senasica, 2022). En 2021, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (Siap) reportó en Irapuato una producción de 64.04 t ha⁻¹ cosechadas, mientras que en 2023 reportó una producción de 64.18 t ha⁻¹ cosechadas.

Las plantas infectadas por *N. rosae* suelen mostrar síntomas como manchas foliares, lesiones en tallos y frutos, y en casos severos, marchitez y muerte de la planta, estos síntomas pueden llevar a pérdidas económicas significativas para los productores, el desarrollo de este fitopatógeno es favorecido por condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas (Baggio et al., 2021).

Desde una perspectiva taxonómica, *N. rosae* se ha identificado como una especie distinta dentro del género *Neopestalotiopsis*, caracterizado por su amplia gama de hospedantes vegetales, en cuanto a sus características morfológicas, el hongo se presenta como una colonia que varía en color desde blanco hasta gris oscuro en los medios de cultivo, sus estructuras reproductivas, conocidas como conidios, son cilíndricas o fusiformes, y se agrupan en conidióforos ramificados (Rebollar-Alviter et al., 2020).

En México, *N. rosae* ha sido identificada como un agente causal de pudrición de raíz, pudrición de corona y mancha foliar en fresas, marcando los primeros reportes en el país de esta especie infectando cultivos de fresa (Rebollar-Alviter et al., 2020). Al mismo tiempo, se ha reportado que *N. rosae* causa tizón foliar y pudrición de corona en Taiwán en cultivares de fresa (Wu et al., 2021). En América del Sur, *N. clavisporea* ha sido implicada en enfermedades de pudrición de raíz y corona en países como Uruguay y Argentina indicando la presencia de múltiples especies de *Neopestalotiopsis* que afectan cultivos de fresa en esta región (Schierling et al., 2024). Además, *N. mesopotamica* ha sido reportada en Ecuador, marcando su primera asociación con pudrición de corona de fresa (Hidrobo-Chavez et al. 2022). En los Estados Unidos, particularmente en Florida, *Neopestalotiopsis* spp. han sido identificadas como contribuyentes significativos a enfermedades de mancha foliar y pudrición de fruto en fresas (Ávila-Hernández et al., 2025; Baggio et al., 2021).

La historia de *N. rosae* revela su progresiva aparición en diversos países y su rápida expansión geográfica, se han registrado casos de infección en múltiples regiones, abarcando desde América del Norte y del Sur hasta Asia y África, esta amplia distribución ha despertado preocupación entre los productores agrícolas, quienes han experimentado la devastación de sus cultivos por la infección causada por este fitopatógeno (Ávila-Hernández et al., 2025; Baggio et al., 2021).

La importancia económica de *N. rosae* radica en su capacidad para afectar una amplia variedad de plantas cultivadas, incluyendo frutas, hortalizas,

árboles ornamentales y cultivos de importancia económica, la infección por este hongo puede provocar síntomas devastadores, como la aparición de manchas necróticas en hojas, tallos y frutos, defoliación prematura, malformaciones y pudriciones. Estos daños resultan en pérdidas significativas de rendimiento y calidad de los productos agrícolas, lo que impacta directamente en la economía de los agricultores y en la seguridad alimentaria a nivel global (Baggio et al., 2021).

Ante este escenario, es crucial profundizar en el estudio de *N. rosae*, comprendiendo su biología, mecanismos de patogenicidad y estrategias de supervivencia, así como desarrollar estrategias efectivas de manejo y control. Además, es esencial establecer programas de vigilancia epidemiológica y monitoreo continuo para anticipar y mitigar los efectos perjudiciales de este fitopatógeno emergente en los sistemas agrícolas.

En este artículo de revisión, se explorarán la descripción taxonómica y las características morfológicas de *N. rosae*, así como su historia y distribución geográfica. También se analizará su importancia económica y el impacto que genera en los cultivos, con el objetivo de proporcionar una visión completa de este fitopatógeno y resaltar la necesidad de investigaciones futuras para el manejo y control efectivo de esta enfermedad.

Esta investigación se llevó a cabo mediante un exhaustivo estudio de artículos científicos recopilados de múltiples bases de datos, entre las cuales destacan Google académico, Google Scholar, Scielo, Science Direct, Scopus y Redalyc.

Desarrollo

Características generales y propagación de *Neopestalotiopsis rosae*

La distribución de *N. rosae* es variada, prefiriendo climas de templado a tropical, este hongo se ha identificado como un patógeno de plantas en diferentes partes del mundo siendo reportado en países como Egipto, Taiwán, Estados Unidos, Italia, China, India, México, entre otros, las características que presentaron las plantas afectadas principalmente fueron el secado del borde de las hojas a hojas completamente secas y

decoloración de los tejidos internos de la corona, pudrición de raíz y corona principalmente en el cultivo de fresa (Rebollar-Alviter et al., 2020; Baggio et al., 2021; Wu et al., 2021).

En México ha sido reportada la incidencia de *N. rosae* presentando los síntomas típicos como pudrición de la corona y la raíz en los estados de Michoacán, Guanajuato y Puebla (Ávila-Hernández et al., 2025), causando daños y pérdidas económicas a los productores de frutos como fresa y frutillas en general. *Neopestalotiopsis rosae* es un hongo que se propaga principalmente por medio de esporas producidas en las lesiones de las plantas infectadas, estas esporas pueden ser transportadas por el viento, el agua, los insectos y otros medios, y pueden infectar a otras plantas en las cercanías (Schierling et al., 2024).

Además, la enfermedad también puede propagarse por medio de herramientas de jardinería contaminadas y por la manipulación de plantas infectadas sin tomar las debidas precauciones, es importante evitar la propagación de la enfermedad manteniendo las herramientas de jardinería limpia y desinfectada, y evitando tocar las plantas infectadas sin usar guantes y ropa de protección, es importante destacar que la propagación de *N. rosae* puede ser limitada si se llevan a cabo prácticas adecuadas de gestión de enfermedades, como la eliminación y destrucción de las plantas infectadas y la aplicación de fungicidas preventivos en las plantas sanas (Baggio et al. 2021; Schierling et al., 2024).

Ciclo de vida de *Neopestalotiopsis rosae*

Neopestalotiopsis rosae es un hongo que causa una enfermedad en las rosas llamada mancha foliar, el ciclo de vida de este hongo es típico de la mayoría de los hongos que causan enfermedades en las plantas y sigue un patrón de desarrollo con varios pasos importantes (Baggio et al., 2021) los cuales se describen a continuación.

Infección: el hongo *N. rosae* infecta las hojas de las plantas como rosas y fresa entrando en ellas a través de pequeñas heridas o cortes, una vez que el hongo entra en la hoja, comienza a crecer y a multiplicarse.

Incubación: Después de infectar la hoja, el hongo comienza a crecer y se desarrolla dentro de ella durante un período de tiempo, que puede variar de unos pocos días a varias semanas, dependiendo de las condiciones ambientales.

Síntomas: después del período de incubación, aparecen los síntomas de la enfermedad, en el caso de *N. rosae*, se observan manchas de color marrón oscuro en las hojas. Las manchas pueden ser pequeñas o grandes, y en ocasiones se unen para formar manchas más grandes.

Diseminación: Una vez que se forman las manchas, el hongo produce esporas que se diseminan por el aire y pueden infectar otras partes de la planta o plantas cercanas.

Reproducción sexual: en condiciones adecuadas, el hongo puede reproducirse sexualmente, esto implica la fusión de dos células fúngicas diferentes para formar un cigoto, que luego se desarrolla en una estructura llamada ascoma. Dentro de los ascomas, se forman las esporas que se utilizarán para infectar a otras plantas.

Ciclo de vida continuo: una vez que se forman las esporas, el ciclo de vida de *N. rosae* continúa, y las esporas pueden infectar nuevas plantas y comenzar el proceso de nuevo, es importante tener en cuenta que el ciclo de vida de *N. rosae* puede variar ligeramente dependiendo de las condiciones ambientales y de la variedad de planta afectada (Baggio et al., 2021; Darapanit et al., 2021; Wu et al., 2021).

Mecanismos de patogenicidad de *Neopestalotiopsis rosae*

Penetración y colonización: *N. rosae* utiliza diferentes estrategias para ingresar a los tejidos de las plantas hospedantes. Se ha observado que el hongo puede penetrar a través de heridas naturales o daños causados por insectos, así como a través de estomas y lenticelas. Una vez dentro de la planta, el hongo se expande y coloniza los tejidos, produciendo enzimas que degradan componentes celulares y facilitan su crecimiento (EFSA Panel on Plant Health et al., 2023).

Producción de toxinas: *N. rosae* es capaz de producir una variedad de metabolitos secundarios

y toxinas, los cuales pueden desempeñar un papel en su patogenicidad. Estos compuestos tóxicos pueden causar daño directo a las células vegetales, inhibir la respuesta de defensa de la planta o facilitar la colonización del hongo (Ávila-Hernández et al., 2025).

Manipulación de la respuesta de defensa de la planta: el hongo tiene la capacidad de modular la respuesta de defensa de la planta, interferir con las rutas de señalización y evadir o suprimir las respuestas de inmunidad vegetal. Esto le permite evitar o debilitar la resistencia de la planta, facilitando su colonización y propagación (Hadi et al., 2024).

Secreción de enzimas degradativas: *N. rosae* produce diversas enzimas extracelulares, como celulasas, pectinasas y proteasas, que tienen la capacidad de degradar los componentes de la pared celular de la planta. Estas enzimas facilitan la invasión del hongo al degradar las barreras físicas de la planta y liberar nutrientes esenciales para su crecimiento (Kumar et al., 2022).

Estrategias de supervivencia de *Neopestalotiopsis rosae*

Formación de estructuras de resistencia: el hongo puede formar estructuras de resistencia, como conidios y cuerpos fructíferos, que le permiten sobrevivir en condiciones desfavorables. Estas estructuras pueden permanecer en el suelo, residuos vegetales o en tejidos infectados, esperando condiciones ambientales propicias para su germinación y reinfección, supervivencia en residuos vegetales: *N. rosae* tiene la capacidad de colonizar y sobrevivir en residuos vegetales, lo que puede servir como fuente de inóculo para futuras infecciones, esta estrategia le permite persistir en el ambiente y reinfectar los cultivos en temporadas de siembra sucesivas (Blagojević et al., 2024; Marín et al., 2024).

Tolerancia a condiciones adversas: el hongo ha mostrado tolerancia a diversas condiciones ambientales, como temperaturas fluctuantes, sequía y cambios en la humedad del suelo, esta capacidad de adaptación le permite sobrevivir en diferentes ecosistemas y colonizar una amplia gama de hospedantes, interacción con otros

microorganismos: *N. rosae* puede establecer interacciones con otros microorganismos presentes en el suelo o en la superficie de las plantas, estas interacciones pueden ser beneficiosas o perjudiciales para la supervivencia y el desarrollo del hongo, y pueden influir en su capacidad patogénica (Baggio et al., 2021; Addison et al., 2023).

Respuesta de defensa de las plantas frente a la infección por *Neopestalotiopsis rosae*

La respuesta de defensa de las plantas frente a la infección por *N. rosae* es un proceso complejo que involucra diversas respuestas bioquímicas, fisiológicas y moleculares.

Producción de metabolitos antimicrobianos: las plantas activan la producción de metabolitos antimicrobianos, como fitoalexinas, compuestos fenólicos y terpenoides, como parte de su respuesta de defensa, estos metabolitos pueden inhibir el crecimiento y la propagación de *N. rosae*, actuando como agentes tóxicos o restringiendo su desarrollo en los tejidos infectados (Tiku, 2018). Reforzamiento de la pared celular: la planta puede fortalecer su pared celular como una respuesta de defensa frente a la infección, esto implica la deposición de compuestos como lignina y calosa, que refuerzan la estructura de la pared celular y dificultan la invasión del hongo, además, la síntesis y acumulación de celulosa y hemicelulosas pueden contribuir a la formación de barreras físicas que limitan el avance del patógeno (Wang et al., 2020). Activación de respuestas de inmunidad: las plantas desencadenan respuestas de inmunidad específicas, como la activación de genes de defensa y la producción de proteínas de defensa, en respuesta a la infección por *N. rosae*, estas respuestas incluyen la expresión de proteínas antifúngicas, enzimas de degradación de patógenos y factores de transcripción que regulan las respuestas de defensa. Respuestas de señalización sistémica: además de la respuesta local en el sitio de infección, las plantas pueden desencadenar respuestas de señalización sistémica para proteger los tejidos no infectados. Esto implica la movilización de señales químicas, como el ácido salicílico (SA), el ácido jasmónico (JA) y el ácido

abscísico (ABA), que coordinan respuestas de defensa en toda la planta y activan genes de defensa en sitios distantes (Xu-X et al., 2022; Tiku, 2018).

Muerte celular programada: En algunos casos, las plantas pueden inducir la muerte celular programada, conocida como apoptosis, en los tejidos infectados por *N. rosae*. Esto ayuda a limitar la propagación del patógeno y a prevenir la extensión de la infección a tejidos sanos (Liang et al., 2022).

Técnicas de diagnóstico

Las técnicas de diagnóstico del hongo *N. rosae* son un conjunto de procedimientos utilizados para detectar la presencia de este hongo en las plantas infectadas, el diagnóstico preciso es fundamental para poder controlar la enfermedad y evitar su propagación a otras plantas, las técnicas de diagnóstico del hongo *N. rosae* incluyen: observación visual: se realiza una observación detallada de los síntomas que presenta la planta, como manchas o deformaciones en hojas y frutos, y se examina la apariencia general de la planta infectada. Toma de muestras: se toman muestras de las áreas afectadas de la planta para examinarlas bajo el microscopio y confirmar la presencia del hongo. Pruebas de laboratorio: se pueden realizar pruebas moleculares, como la amplificación de ácido nucleico mediante PCR, generalmente amplificando ITS + TEF1- α + β -tubulina (tub2) para identificar específicamente la presencia del hongo *N. rosae* en la muestra. Cultivo del hongo: se pueden cultivar muestras de tejido infectado en medios de cultivo específicos para el hongo y observar el crecimiento y características del hongo. Identificación morfológica: se examinan las características morfológicas del hongo, como el tamaño y la forma de las esporas, la forma de las colonias, la presencia de conidióforos y conidios, para confirmar la presencia del hongo *N. rosae* (Xu-X et al., 2022; Ávila-Hernández et al., 2025).

En general, las técnicas de diagnóstico del hongo *N. rosae* se basan en una combinación de observación visual, toma de muestras, pruebas de laboratorio y análisis morfológico para confirmar la presencia del hongo en las plantas infectadas.

Algunas de las formas de caracterizar y diagnosticar la presencia de *N. rosae* se describen a continuación.

Identificación morfológica de *Neopestalotiopsis rosae*

El género *Neopestalotiopsis* se caracteriza por ser monofilético, lo que indica que todas sus especies comparten un ancestro común (Muslimin et al., 2022). Este hongo produce estructuras reproductivas asexuales denominadas conidiomata o picnidios, que presentan formas subglobosas, globosas, claviformes, ya sea de manera individual o agrupada. Dichas estructuras presentan una coloración que varía del marrón oscuro al negro, y se desarrollan dentro de una masa mucilaginosa, la cual puede ser unilocular o presentar compartimentos de forma irregular. Los conidios, también de tonalidad marrón oscura a negra, se encuentran agrupados en masas mucilaginosas globosas. Morfológicamente, estos conidios son fusiformes, elipsoides a subcilíndricos, rectos o con una leve curvatura, y poseen cuatro septos. La célula basal muestra una forma cónica a subcilíndrica, con base truncada, de apariencia hialina o con una pigmentación entre marrón claro y verdosa, con pared delgada y textura rugosa (Fiorenza et al., 2022).

Las tres células medias son doliformes de pared rugosa a verruculosa, versicolor, con una septa más oscura que el resto, la célula apical del conidio es hialina, puede ser cónica a cilíndrica, con paredes finas y lisas, tiene apéndices apicales tubulares pudiendo ser uno o más, atenuados o filiformes, flexibles, ramificados o no, el apéndice basal del conidio es único, en forma tubular no ramificado y céntrico (Landeros et al., 2024). El tamaño de los conidios de *N. rosae* es de aproximadamente 10-20 μm de longitud y 4-6 μm de ancho, los conidios son estructuras asexuales en forma de bastón o huso, con extremos afilados y ligeramente curvados (Álvarez et al., 2024). Los conidios se producen en grupos en las lesiones de las plantas infectadas y se liberan al ambiente cuando las condiciones son adecuadas, son la forma principal en que el hongo se propaga y se disemina de una planta a otra (Álvarez et al., 2024).

Los conidios de *N. rosae* son estructuras reproductivas asexuales en forma de bastón o de huso, con extremos afilados y ligeramente curvados, tienen una longitud de aproximadamente 30-40 μM y una anchura de 4-6 μM , se producen en grupos en las lesiones de la planta infectada y son liberados al ambiente cuando las condiciones son adecuadas. Estos conidios son la forma principal en que el hongo se propaga y se disemina de una planta a otra (Landeros et al., 2024).

Los conidios de *N. rosae* son estructuras importantes para la identificación del hongo, la observación de la forma y el tamaño de los conidios bajo un microscopio puede ayudar a distinguir esta especie de otros hongos que causan enfermedades similares en las plantas.

Neopestalotiopsis se podría clasificar como un hongo hemi-biotrófico lo que significa que puede tener una estrategia de vida mixta en la que pasa por dos fases durante su ciclo de vida, pudiendo ser un hongo necrotrófico y cambiando más adelante a biotrófico, formando una asociación simbiótica con la planta, esto genera la facultad de cambiar las rutas nutricionales como mecanismo de sobrevivencia, por lo tanto, es capaz de permanecer tanto en materia orgánica fresca como descompuesta (Hadi et al., 2024).

Identificación molecular y secuenciación de ADN

La caracterización molecular de *Neopestalotiopsis* es un conjunto de técnicas que se utilizan para analizar el material genético del hongo, identificar, diferenciar y caracterizar a nivel molecular el mismo, su identidad taxonómica y filogenética, estas técnicas se basan en el análisis de las características genéticas y moleculares del hongo, como su secuencia de ácido desoxirribonucleico (ADN), patrones de restricción de ADN, perfiles de amplificación de ADN y características de hibridación de ADN (Landeros et al., 2024).

La secuenciación de ADN para *N. rosae* es un procedimiento de laboratorio que permite determinar el orden exacto de las bases nucleotídicas que componen el ADN de este hongo, esta técnica implica la amplificación y secuenciación del ADN de un gen específico o de

todo el genoma del hongo, las secuencias de ADN se comparan con las de otras especies conocidas para determinar la identidad taxonómica del hongo (Acosta-González, 2022), la secuenciación de ADN se ha convertido en una herramienta esencial para el estudio de la diversidad genética y la evolución de los organismos, y es particularmente útil en el campo de la microbiología y la fitopatología para la identificación precisa de especies y cepas de hongos patógenos.

La secuenciación de ADN es una técnica muy precisa y sensible que permite identificar especies de hongos patógenos con alta precisión, lo que resulta útil para la toma de decisiones en cuanto al control y manejo de las enfermedades causadas por estos hongos (González-Garza, 2017)

Análisis filogenético

Una vez que se ha secuenciado el ADN, se utiliza un análisis filogenético para determinar la relación evolutiva del hongo con otras especies relacionadas. Esto puede ayudar a determinar su posición taxonómica precisa. Un análisis filogenético para *N. rosae* es un procedimiento que permite estudiar las relaciones evolutivas entre diferentes cepas o especies de este hongo patógeno, la filogenia es la rama de la biología que se encarga de estudiar la evolución y la diversidad de los seres vivos, y el análisis filogenético se basa en la comparación de secuencias de ADN para determinar la relación entre diferentes organismos (Sun et al., 2021; Sharifnabi & Nourbakhsh, 2024). El análisis filogenético de *N. rosae* consiste en la selección de muestras, en donde se seleccionan varias muestras de *N. rosae* para el análisis, preferiblemente de diferentes regiones geográficas o hospederos.

El análisis filogenético de *N. rosae* es una herramienta útil para estudiar la diversidad genética y la evolución de este hongo patógeno, y puede ayudar a entender la epidemiología y la patogenia de las enfermedades causadas por este hongo en diferentes regiones geográficas y hospederos (Fiorenza et al., 2022).

Análisis de restricción del ADN

El análisis de restricción del ADN (ARD) es una técnica que se utiliza en la caracterización molecular de *N. rosae* y otros organismos, consiste en el corte del ADN con enzimas de restricción específicas, que reconocen y cortan secuencias de nucleótidos específicas en la molécula de ADN. El patrón de fragmentos obtenido se utiliza para identificar y diferenciar entre diferentes cepas o especies de *N. rosae* (Kaur et al., 2023).

El análisis de restricción del ADN es una técnica sencilla y de bajo costo que se utiliza para caracterizar y diferenciar entre diferentes cepas o especies de *N. rosae*, y puede proporcionar información valiosa sobre la diversidad genética y la epidemiología de las enfermedades causadas por este hongo patógeno, sin embargo, esta técnica tiene limitaciones en términos de resolución y sensibilidad en comparación con otras técnicas más avanzadas de caracterización molecular.

Análisis de PCR

La técnica de PCR (reacción en cadena de la Polimerasa) se utiliza en la caracterización molecular de *N. rosae* para amplificar y detectar específicamente fragmentos de ADN que se encuentran en el genoma del hongo. La PCR es una técnica de amplificación de ADN in vitro que permite la obtención de múltiples copias de un segmento específico de ADN en un corto período de tiempo (Kaur et al., 2023). La técnica es muy útil para estudiar la diversidad genética y la filogenia de *N. rosae*, así como para identificar la presencia del hongo en diferentes muestras.

El análisis de PCR es una técnica sensible, rápida y específica para la detección y caracterización molecular de *N. rosae* (Sun et al., 2021). Puede ser utilizado para identificar la presencia del hongo en diferentes muestras de plantas, como ramas, hojas, flores y frutas, así como en suelos y otros materiales relacionados con la infección. Además, la PCR se puede combinar con otras técnicas de caracterización molecular, como la secuenciación de ADN, para obtener información adicional sobre la diversidad y la filogenia de *N. rosae*.

Hibridación de ADN

El análisis de hibridación de ADN es una técnica utilizada en la caracterización molecular de *N. rosae* para identificar la presencia y la diversidad genética del hongo en diferentes muestras. Esta técnica se basa en la capacidad de dos hebras de ADN complementarias para unirse entre sí mediante puentes de hidrógeno, formando una estructura de doble hélice (Aslam et al., 2017).

El análisis de hibridación de ADN es una técnica útil para la detección y caracterización de *N. rosae*, ya que permite la identificación de la presencia del hongo en diferentes muestras y la determinación de la diversidad genética, además, esta técnica puede ser utilizada para detectar la presencia de otras especies de hongos relacionados con *N. rosae*.

Cabe señalar que, aunque la técnica de hibridación de ADN es útil para la detección de la presencia de un hongo específico, es menos sensible que la técnica de PCR y otras técnicas de secuenciación de ADN en términos de detección de pequeñas cantidades de ADN fúngico en una muestra compleja (Freeman et al., 2000).

En resumen, el análisis de hibridación de ADN es una técnica útil en la caracterización molecular de *Neopestalotiopsis rosae*, especialmente cuando se utiliza en combinación con otras técnicas de detección y caracterización. En general, la caracterización molecular es una herramienta poderosa para la identificación y caracterización de *Neopestalotiopsis*, y es especialmente útil cuando se trabaja con especies que tienen características morfológicas o bioquímicas similares.

Medidas culturales y prácticas agronómicas para prevenir la propagación del hongo.

Para prevenir la propagación del hongo *N. rosae* y reducir el riesgo de infección en los cultivos, se pueden implementar varias medidas culturales y prácticas agronómicas, algunas de las estrategias recomendadas se mencionan a continuación:

Selección de variedades resistentes: optar por cultivar variedades de plantas que sean menos susceptibles a la infección por *N. rosae* puede ser una medida preventiva efectiva. Investigar y elegir variedades con resistencia o tolerancia demostrada

al hongo puede reducir la incidencia de la enfermedad en los cultivos (Baggio et al., 2021).

Rotación de cultivos: practicar la rotación de cultivos ayuda a interrumpir el ciclo de vida del hongo y disminuir la acumulación de inóculo en el suelo. Evitar el cultivo repetido de especies vegetales susceptibles en la misma área puede reducir la presencia y propagación del patógeno (Del Prado et al., 2018).

Manejo adecuado de residuos vegetales: retirar y eliminar adecuadamente los residuos vegetales, especialmente aquellos infectados por *N. rosae*, es importante para reducir la fuente de inóculo del hongo. Los restos de plantas infectadas pueden ser una fuente de propagación y reinfección en futuras temporadas de cultivo (Chandana et al., 2024).

Prácticas de poda y saneamiento: realizar podas adecuadas para eliminar y destruir las partes de la planta infectadas o lesionadas puede prevenir la propagación de *N. rosae*. Esto incluye la eliminación de hojas, ramas y frutos afectados, así como la desinfección de las herramientas de poda entre cortes y plantas para evitar la contaminación cruzada.

Manejo adecuado del riego: evitar el riego excesivo y garantizar un buen drenaje del suelo puede ayudar a reducir la humedad y la creación de condiciones favorables para el desarrollo de *N. rosae*. El hongo tiende a prosperar en ambientes húmedos, por lo que es importante mantener un equilibrio adecuado de humedad en los cultivos (Chandana et al., 2024).

Fertilización equilibrada: mantener una nutrición equilibrada de las plantas puede fortalecer su sistema inmunológico y ayudar a aumentar su resistencia a las enfermedades. Proporcionar una adecuada cantidad de nutrientes esenciales y evitar desequilibrios nutricionales puede fortalecer la salud de las plantas y reducir su susceptibilidad a *N. rosae* (Huber & Graham 1999).

Uso de material de siembra y trasplante sano: utilizar material de siembra y trasplante libre de infecciones por *N. rosae* es esencial para prevenir la introducción del patógeno en nuevas áreas o cultivos. Realizar inspecciones visuales y tomar precauciones al adquirir plántulas o semillas de

proveedores confiables puede ayudar a evitar la introducción de la enfermedad.

Uso de fungicidas y su efectividad en el control de *Neopestalotiopsis rosae*

El uso de fungicidas puede ser una herramienta importante en el control de *N. rosae*, sin embargo, es importante tener en cuenta que la efectividad de los fungicidas puede variar y depende de varios factores, como la especie vegetal, el estado de la infección, la resistencia del hongo y las condiciones ambientales, algunos puntos a considerar sobre el uso de fungicidas en el control de *N. rosae* son:

Identificación del fungicida adecuado: es fundamental seleccionar un fungicida que sea efectivo contra *N. rosae*, dado que este hongo puede presentar resistencia a ciertos fungicidas, es importante realizar pruebas de sensibilidad o recurrir a asesoramiento especializado para determinar cuáles son los productos más eficaces (Acosta-González et al., 2024).

Momento de aplicación: el momento adecuado para aplicar los fungicidas puede influir en su eficacia. Por lo general, se recomienda aplicar los fungicidas antes de que se presenten los síntomas de la enfermedad o en las primeras etapas de la infección, esto puede ayudar a prevenir la propagación del hongo y reducir los daños en los cultivos (Huber & Graham, 1999).

Intervalos de aplicación y dosis: es importante seguir las recomendaciones del fabricante en cuanto a la dosis y los intervalos de aplicación de los fungicidas. Aplicar los fungicidas en los intervalos correctos y respetar las dosis recomendadas puede maximizar su efectividad y minimizar el riesgo de desarrollo de resistencia por parte del hongo (Jennings et al., 2024).

Rotación de fungicidas: la rotación de fungicidas con diferentes modos de acción puede ser una estrategia eficaz para evitar la resistencia del hongo. Alternar el uso de fungicidas de diferentes grupos químicos puede ayudar a prevenir la selección de cepas resistentes de *N. rosae* (Acosta-González et al., 2024).

Buenas prácticas de aplicación: para garantizar la eficacia de los fungicidas, es importante seguir buenas prácticas de aplicación. Esto incluye la cobertura uniforme de las plantas con el fungicida, la aplicación en condiciones climáticas adecuadas y el uso de equipos de aplicación calibrados correctamente.

Integración con otras medidas de manejo: el uso de fungicidas debe considerarse como parte de un enfoque integrado de manejo de enfermedades. Combinar el uso de fungicidas con medidas culturales, como la selección de variedades resistentes, prácticas de saneamiento y monitoreo regular, puede mejorar la eficacia general del control de *N. rosae*.

Desarrollo de métodos biológicos o alternativos de control para *Neopetalotripsis rosae*

En los últimos años, se han llevado a cabo diversas investigaciones para desarrollar métodos biológicos y alternativos de control para *N. rosae*. Debido a la alta incidencia que ha tenido en diversos países del mundo (Tabla I) incluyendo México, a continuación, se presentan algunos avances y enfoques prometedores en esta área:

Agentes de biocontrol: se han investigado diferentes agentes de biocontrol, como bacterias y hongos antagonistas, que pueden inhibir el crecimiento y la propagación de *N. rosae*, estos agentes actúan mediante la producción de metabolitos antimicrobianos, la competencia por nutrientes y espacio, y la inducción de respuestas de defensa en las plantas (Ávila-Hernández et al., 2025). Algunos estudios han demostrado la eficacia de bacterias del género *Bacillus* y hongos del género *Trichoderma* en el control de la enfermedad (Acosta-González et al., 2024).

Extractos de plantas y productos naturales: Se ha investigado el potencial de extractos de plantas

y productos naturales para controlar *N. rosae*, algunas plantas medicinales y extractos de compuestos como aceites esenciales, flavonoides y taninos han mostrado actividad antifúngica contra el hongo, estos compuestos pueden interferir con el crecimiento y desarrollo de *N. rosae* y pueden ser una alternativa interesante a los fungicidas químicos (Tran et al., 2023).

Inducción de resistencia en las plantas: Se ha estudiado la capacidad de inducir resistencia sistémica adquirida en las plantas para combatir la infección por *N. rosae*, la aplicación de sustancias activadoras de defensa, como el ácido salicílico, el ácido jasmónico y el ácido elágico, puede estimular la respuesta de defensa de las plantas y aumentar su resistencia contra el hongo, este enfoque puede ser una estrategia sostenible y de bajo impacto ambiental (Xia et al., 2022).

Uso de microorganismos endófitos: los microorganismos endófitos que residen en los tejidos de las plantas han demostrado tener potencial para controlar enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, algunos estudios han identificado microorganismos endófitos en plantas que muestran actividad inhibidora contra *N. rosae*, estos microorganismos pueden colonizar los tejidos de las plantas y competir con el hongo, reduciendo su establecimiento y crecimiento (Kahraman et al., 2021).

Mejoramiento genético de las plantas: el desarrollo de variedades de plantas resistentes o tolerantes a *N. rosae* a través del mejoramiento genético es otro enfoque en investigación. La identificación de genes implicados en la resistencia a la enfermedad y su introducción en variedades comerciales puede ayudar a reducir la susceptibilidad de los cultivos al hongo (Alam et al., 2024).

Tabla I. *Neopestalotiopsis rosae* en el mundo y sus hospederos.

Hospedero	Ubicación geográfica	Referencia
Fresa	Estados Unidos	Baggio et al., 2021
Fresa	México	Revollar, 2020
Fresa	Taiwán	Wu, 2021
Fresa	China	Sun, 2021
Fresa	Egipto	Essa et al., 2018
Aguacate	Italia	Fiorenza et al., 2022
Arándano	Perú	Rodríguez-Gálvez et al., 2020
Cítricos	China	Ma et al., 2023
Palma camedor	México	Sarmiento-Chacón et al., 2023
Fresa	Turquía	Erdurmuş et al., 2023
Eucalipto	Brasil	Santos et al., 2020

Comentarios finales

De acuerdo con el análisis de la información obtenida a la fecha de la redacción de esta revisión se examinó a fondo el hongo fitopatógeno *Neopestalotiopsis rosae*, se da a conocer que esta especie es altamente patógena así mismo, mencionar que cuenta con una alta gama de hospederos. La identificación morfológica de *Neopestalotiopsis* se complementó con la identificación molecular, estudios realizados han utilizado la región del espaciador transcrito interno (ITS), la β -tubulina (TUB) y el factor de elongación de la traducción I-alfa (TEF- $I\alpha$) se agruparon con la cepa extipo de *N. rosae* en el árbol filogenético multilocus (ITS + TUB + TEF- $I\alpha$). Además, se exploró la distribución geográfica del hongo y reportes a lo largo del tiempo, destacando su presencia en diversas regiones y su impacto económico significativo en los cultivos.

El artículo también abordó las estrategias de manejo y control, incluyendo medidas culturales, el uso de fungicidas y enfoques biológicos, resaltando la necesidad de un enfoque integrado y sostenible para enfrentar esta patología y reducir sus efectos negativos en los cultivos.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT), quien brindó su apoyo a la becaria de doctorado María Magdalena Cervantes Zúñiga. **Contribución del autor:** Cervantes-Zúñiga, escritura del borrador original, conceptualización; Castro-del Ángel, conceptualización, revisión y edición; Hernández-Juárez, conceptualización; Gallegos-Morales, conceptualización; Delgado-Ortiz, conceptualización.

Referencias

- Acosta-González, U., Leyva-Mir, S. G., Silva-Rojas, H. V. & Rebollar-Alviter, A. (2024). Preventive and curative effects of treatments to manage strawberry root and crown rot caused by *Neopestalotiopsis rosae*. *Plant Diseases*, 108(5), 1278–1288. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-23-0958-RE>
- Addison, T., Farms, H. A., Archambault, M., Arthurs, O. S., Bael, B. M., Farms, K. & Samtani, J. (2023). Pest Management Strategic

- Plan for Strawberry in North Carolina, Virginia, South Carolina, Georgia, and Florida Source. In *Workshop Date* 11(08). https://ipmdata.ipmcenters.org/source_report_pdf.cfm?sourceid=2489
- Alam, E., Moyer, C., Verma, S., Peres, N. A. & Whitaker, V. M. (2024). Exploring the genetic basis of resistance to *Neopestalotiopsis* species in strawberry. *The Plant Genome*, 17(2), e20477. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20477>
- Álvarez, A. D. G., Jiménez, D. C., Díaz, D. A. N., Lunar, J. M. R., Flores, J. U. A., Martínez, M. I. C. & Juárez, M. D. R. A. (2024). En busca de una producción inocua de fresa con el control ecoamigable de *Neopestalotiopsis rosae*. *Jóvenes en la Ciencia*, 28, 1-15. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4308>
- Aslam, S., Tahir, A., Aslam, M. F., Alam, M. W., Shedayi, A. A. & Sadia, S. (2017). Recent advances in molecular techniques for the identification of phytopathogenic fungi—a mini review. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 493-504. <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1397205>
- Ávila-Hernández, J. G., León-Ramírez, C. G., Abraham-Juárez, M. D. R., Tlapal-Bolaños, B., Olalde-Portugal, V., Délano-Frier, J., Martínez-Antonio, A. & Aguilar-Zárate, P. (2025). *Neopestalotiopsis* spp.: A threat to strawberry production and management. *Horticulturae*, 11(3), 288. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030288>
- Ayoubi, N. & Soleimani, M. J. (2016). Strawberry fruit rot caused by *Neopestalotiopsis iranensis* sp. nov., and *N. mesopotamica*. *Current Microbiology*, 72, 329-336. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0955-y>
- Baggio, J. S., Forcelini, B. B., Wang, N. Y., Ruschel, R. G., Mertely, J. C. & Peres, N. A. (2021). Outbreak of leaf spot and fruit rot in florida strawberry caused by *Neopestalotiopsis* spp. *Plant Disease*, 105(2), 305-315. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1290-RE>
- Blagojević, J., Aleksić, G., Vučurović, I., Starović, M., & Ristić, D. (2024). Exploring the phylogenetic diversity of Botryosphaeriaceae and *Diaporthe* species causing dieback and shoot blight of blueberry in Serbia. *Phytopathology*, 114(6), 1333-1345. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-23-0133-R>
- Chandana, R., Poonacha, T. T., Chethan, D., Karan, R., Kruthika, R., Khan, F., Ashwini, K. S. Bevanur, A., Vani, Y., Venkata, R. G., & Palanna, K. B. (2024). *Neopestalotiopsis rosae*, a novel pathogen causing leaf blight and crown rot of strawberries in India. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133, 102377. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102377>
- Chen, L., Li, H., Jiao, W., Tao, M., Lv, C., Zhao, M. & Wang, M. (2021). Genetic variation and demographic history analysis of *Pestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis*, and *Neopestalotiopsis* fungi associated with tea (*Camellia sinensis*) inferred from the internal transcribed spacer region of the nuclear ribosomal DNA. *Plant Pathology*, 70(3), 699-711. <https://doi.org/10.1111/ppa.13315>
- Darapanit, A., Boonyuen, N., Leesutthiphonchai, W., Nuankaew, S. & Piasai, O. (2021). Identification, pathogenicity and effects of plant extracts on *Neopestalotiopsis* and *Pseudopestalotiopsis* causing fruit diseases. *Scientific Reports*, 11(1), 22606. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02113-5>
- Del Prado-Vera, I. C., Franco-Navarro, F., & Godinez-Vidal, D. (2018). Plant parasitic nematodes and management strategies of major crops in Mexico. In *Plant Parasitic Nematodes in Sustainable Agriculture of North America*. Springer. Vol. 1-Canada, Mexico and Western USA, 31-68.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Di Serio, F., Gonthier, P. & Reignault, P. L. (2023). Pest categorization of *Pestalotiopsis microspora*.

- EFSA Journal, 21(12), e8493.
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8493>
- Erdurmuş, D., Palacioğlu, G., Erdurmuş, G. & Bayraktar, H. (2023). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf spot and crown rot of strawberry in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 105(1), 315.
<https://doi.org/10.1007/s42161-022-01218-8>
- Essa, T. A., Kamel, S. M., Ismail, A. M., & El-Ganainy, S. (2018). Characterization and chemical control of *Neopestalotiopsis rosae* the causal agent of strawberry root and crown rot in Egypt. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 46(1), 1-19.
<https://doi.org/10.21608/ejp.2018.87411>
- Fiorenza, A., Gusella, G., Aiello, D., Polizzi, G., & Voglmayr, H. (2022). *Neopestalotiopsis siciliana* sp. nov. and *N. rosae* causing stem lesion and dieback on avocado plants in Italy. *Journal of Fungi*, 8(6), 562.
<https://doi.org/10.3390/jof8060562>
- Freeman, W. M., Robertson, D. J., & Vrana, K. E. (2000). Fundamentals of DNA hybridization arrays for gene expression analysis. *Biotechniques*, 29(5), 1042-1055.
- Ghimire, S., Neupane, S. & Tharu, R. K. (2023). Comparative study on the seed health of five commonly cultivated wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) in Nepal. *AgroEnvironmental Sustainability*, 1(1), 3-11.
<https://doi.org/10.59983/s2023010102>
- González, A. A. D., Jiménez D. C., Nuñez, D. D. A., Rodríguez L. J.M., Armendariz, F. J. U., Canchola, M. M. I. and Abraham, J.M. R. (2024). En busca de una producción inocua de fresa con el control ecoamigable de *Neopestalotiopsis rosae*. *Jóvenes en la Ciencia*, 28, 1-15.
<https://doi.org/10.15174/jc.2024.4308>
- González-Garza, R. (2017). Evolución de técnicas de diagnóstico de virus fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(3), 591-610.
<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-1>
- Hadi I. M. Z., Mohamad M. M., Noran, A. S., Ahmad Z. A. M., Maiden, N. A., Atan, S., & Mohd A. M. N. (2024). Unravelling fungal diversity in *Pestalotiopsis* leaf fall disease symptomatic leaves of *Hevea brasiliensis* in Malaysia. *Journal of Rubber Research*, 27(3), 501-515. <https://doi.org/10.1007/s42464-024-00266-2>
- Hidrobo-Chavez, J., Ramírez-Villacís, D. X., Barriga-Medina, N., Herrera, K. & León-Reyes, A. (2022). First report of *Neopestalotiopsis mesopotamica* causing root and crown rot on strawberry in Ecuador. *Plant Disease*, 106(3), 1066. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-21-1278-PDN>
- Huber, D. M. & Graham, R. D. (1999). The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases. In *Mineral Nutrition of Crops* (pp. 169-204). CRC Press. eBook
- Jennings, C., Simmons, T., Parajuli, M., Liyanage, K. H. E. & Baysal-Gurel, F. (2024). Effect of fungicides and application intervals for the control of black spot of roses. *HortScience*, 59(5), 673-677.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCII7730-24>
- Kahraman, T., Elif K. S., Liman, R., Hakkı C. I., Açıkbay, Y., Konuk, M. & Uysal A. G. (2021). Synthesis, Characterization, and optimization of green silver nanoparticles using *Neopestalotiopsis clavispora* and evaluation of its antibacterial, antibiofilm, and genotoxic effects. *The Eurobiotech Journal*, 5(3), 109-122. <https://doi.org/10.2478/ebtj-2021-0020>
- Kaur, H., Gelain, J., Marin, M. V., Peres, N. A., & Schnabel, G. (2023). Development of a molecular tool for identification of a new *Neopestalotiopsis* sp. associated with disease outbreaks on strawberry. *Plant Disease*, 107(5), 1544-1549.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-09-22-2117-RE>
- Kumar, V., & Prasher, I. B. (2022). Seasonal variation and tissues specificity of endophytic fungi of *Dillenia indica* L. and their extracellular enzymatic activity. *Archives of Microbiology*, 204(6), 341.
<https://doi.org/10.1007/s00203-022-02933-7>

- Landeros G. E. C., Hernández Pérez, A., Cerna Chávez, E. & Ochoa Fuentes, Y. M. (2024). Diversidad de hongos Asociados al Cultivo del Arándano en Michoacán, México. *Scientia Fungorum*, 55, e1449-e1449. <https://doi.org/10.33885/sf.2024.55.1449>
- Liang, J., Guo, F., Cao, S., Zhao, K., Zhao, K., Wang, H., Shao, X., Wei, Y., Zhang, C., Zheng, Y. & Xu, F. (2022). γ -aminobutyric Acid (GABA) alleviated oxidative damage and programmed cell death in fresh-cut pumpkins. *Plant Physiology and Biochemistry*, 180, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.03.029>
- Ma, X., Qin, Y., Xiang, Y., He, L., Song, F., Wang, Z., Jiang, Y., & Wu, L. (2023). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight on shatangju in southern China. *Plant Disease*, 107(8), 2535. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-22-2066-PDN>
- Muslimin, N. S., Yusof, F. Z. M., Kassim, N. Q. B. & Khalil, K. A. (2022). Molecular identification of fungi associated with plant rot disease of soursop (*Annona Muricata*) in Seri Menanti, Negeri Sembilan. *Malaysian Journal of Biochemistry & Molecular Biology*, 25(3), 18-26.
- Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H. V., Fuentes-Aragón, D., Acosta-González, U., Martínez-Ruiz, M. & Parra-Robles, B. E. (2020). An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico. *Plant Disease*, 104(8), 2054-2059. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2493-SC>
- Rodríguez-Gálvez, E., Hilário, S., Lopes, A. & Alves, A. (2020). Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. *European Journal of Plant Pathology*, 157(1), 89-102. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01983-1>
- Santos, G. S., Mafia, R. G., Aguiar, A. M., Zarpelon, T. G., Damacena, M. B., Barros, A. F. & Ferreira, M. A. (2020). Stem rot of eucalyptus cuttings caused by *Neopestalotiopsis* spp. in Brazil. *Journal of Phytopathology*, 168(6), 311-321. <https://doi.org/10.1111/jph.12894>
- Sarmiento-Chacón, M., Hernández-García, V., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., & Ríos-Velasco, C. (2023). *Neopestalotiopsis* sp. and *Colletotrichum karstii*, causal agents of leaf spots on camedora palm (*Chamaedorea quezalteca*) in Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 41(2), 165-181. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2302-7>
- Schierling, T. E., Voegelé, R. T. & El-Hasan, A. (2024). First report on the emergence of *Neopestalotiopsis rosae* as a severe economic threat to strawberry production in Germany. *Microorganisms*, 13(1), 6. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13010006>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) Consultado 12/12/2025. (2022). *Monitor fitosanitario*. from: <https://dj.senasica.gob.mx/AnalisisSanitario/Secciones/5>
- Sharifnabi, B., & Nourbakhsh, M. (2024). Morphological and molecular characterization of a novel *Neopestalotiopsis clavispora*, causing rose stem canker in Iran. *Mycologia Iranica*, 11(1), 101-109. <https://doi.org/10.22092/mi.2024.367808.1294>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consultado 12/12/2025. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Sinuhaji, B., Wong, G., Serly, P., Setiawan, R. F. & Virnanda, P. (2024). Empowering farmers through assistance in producing alternative photosynthetic bacteria (PSB) fertilizers for corn crops in Sigi District. *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*

- (AJARCDE), 8(2), 203-207.
<https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i2.423>
- Sun, Q., Harishchandra, D., Jia, J., Zuo, Q., Zhang, G., Wang, Q., Yan, J., Zhang, W. & Li, X. (2021). Role of *Neopestalotiopsis rosae* in causing root rot of strawberry in Beijing, China. *Crop Protection*, 147, 105710.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105710>
- Tiku, A. R. (2018). Antimicrobial compounds and their role in plant defense. In *Molecular Aspects of Plant-Pathogen Interaction*. 283-307. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-7371-7_13
- Tran, T. N. M., Vu, N. B. D., & Nguyen, M. H. (2023). Antifungal activity of essential oil-encapsulated lipid nanoemulsions against *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf spot on strawberry. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130(4), 823-832.
<https://doi.org/10.1007/s41348-023-00760-6>
- Wang, J., Song, L., Gong, X., Xu, J., & Li, M. (2020). Functions of jasmonic acid in plant regulation and response to abiotic stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1446.
<https://doi.org/10.3390/ijms21041446>
- Wu, H. Y., Tsai, C. Y., Wu, Y. M., Ariyawansa, H. A., Chung, C. L. & Chung, P. C. (2021). First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight and crown rot on strawberry in Taiwan. *Plant Disease*, 105(2), 487-487.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1045-PDN>
- Xia, Y., Liu, J., Chen, C., Mo, X., Tan, Q., He, Y., Wang, Z., Yin, J. & Zhou, G. (2022). The multifunctions and future prospects of endophytes and their metabolites in plant disease management. *Microorganisms*, 10(5), 1072.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms10051072>
- Xu, J., Zhang, N., Wang, K., Xian, Q., Dong, J., & Chen, X. (2022). Exploring new strategies in diseases resistance of horticultural crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1021350.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1021350>
- Xu-X., Chen, Y., Li, B., Zhang, Z., Qin, G., Chen, T., & Tian, S. (2022). Molecular mechanisms underlying multi-level defense responses of horticultural crops to fungal pathogens. *Horticulture Research*, 9, uhac066.
<https://doi.org/10.1093/hr/uhac066>