



Dra. Daina Grinbergs S.,
Investigadora Fitopatología
Frutales INIA Quilamapu



Ing. Agr. Mariana Isla,
Fitopatología Frutales
INIA Quilamapu

Hongos de madera en avellano europeo

UNA AMENAZA REAL

Las enfermedades de la madera en frutales constituyen una creciente limitante en la producción frutícola, ya que reducen el rendimiento y calidad de fruta, debilitan a las plantas haciéndolas más susceptible a otros patógenos e inducen su muerte temprana, lo que obliga a los productores a reemplazarlas prematuramente.



Dr. Javier Chilian,
Investigador Fitopatología
Molecular INIA Quilamapu



Dr. Raúl Orrego V.,
Investigador Riesgo
Climático INIA Quilamapu

El daño causado por las enfermedades de la madera ha sido calculado para distintos cultivos, como es el caso de la vid, con un 80% de pérdida de rendimiento en viñas adultas (Kaplan et al., 2016). En manzano, arándano y ciruelo, el Laboratorio de Fitopatología de Frutales de INIA Quilamapu ha registrado pérdidas de rendimiento de 66%, 40% y 51%, respectivamente, causadas por el hongo del plateado de los frutales, *Chondrostereum purpureum*. Por otra parte, estas “enfermedades silenciosas” han aumentado su importancia durante los últimos años en todo el mundo, incluyendo Chile, en gran parte por el incremento de la temperatura y los desórdenes climáticos que, además de propiciar mejores condiciones para que los hongos produzcan y liberen sus esporas, estresan a las plantas haciéndolas más susceptibles.

Estas patologías afectan a distintos frutales de importancia económica y el avellano europeo no es la excepción. Esto impacta negativamente a este cultivo frutal que presenta un alto potencial de rendimiento en las condiciones edafoclimáticas de nuestro país. Este es el segundo frutal que más crece en superficie, con 36.396 ha, desde la Región del Maule a la Región de los Lagos. Sin embargo, cifras extraoficiales estiman que la superficie nacional está en torno a las 50.000 ha (Grau, 2025). Es así como conviene prestarles la atención que merecen y prevenir que las plantas se infecten, de manera de no poner en riesgo el éxito de este cultivo.



Existen especies de hongos patógenos de madera muy polífagas

Existen especies de hongos patógenos de madera muy polífagas, es decir, que pueden infectar distintas especies leñosas, y otras más específicas. El conocer cuáles son las especies más prevalentes es importante para determinar los períodos críticos de infección y elaborar estrategias de prevención y control.

RECONOCIMIENTO DE HONGOS DE MADERA DEL AVELLANO EUROPEO

En Chile se han identificado algunas especies patógenas como *Diaporthe australafricana* (Guerrero y Pérez, 2013), *Diplodia coryli* (Guerrero y Pérez, 2012), *D. mutila* (Moya et al., 2023) *Neofusicoccum parvum* (Lolas et al., 2024), *Chondrostereum purpureum* (Grinbergs et al., 2024), *Fusarium avenaceum* y *F. culmorum* (Moya et al., 2025). Sin embargo, no se había realizado un estudio sistemático de los hongos de madera que están afectando a este cultivo en nuestro país. Gracias a un proyecto apoyado por la Fundación para la innovación Agraria (FIA) y ejecutado por el Laboratorio de Fitopatología de Frutales: “Manejo de enfermedades de madera en avellano europeo para la macrozona centro-sur”, fue posible determinar cuáles son los patógenos de madera de mayor prevalencia, su virulencia, epidemiología y esbozar algunas estrategias de manejo.

Se prospectaron huertos desde la región del Maule a La Araucanía en busca de madera que presentara síntomas como decoloración interna, formación de canchales, muerte regresiva y eventualmente cuerpos reproductivos de

Figura 1. Síntomas de decoloración interna de la madera causado por hongos de madera en avellano europeo. A) Decoloración en cuña, típico de *Botryosphaeriaceae*, B) con bordes irregulares, típico de *Cytospora* spp. y otros, C) decoloración central, típico de *Chondrostereum purpureum*.

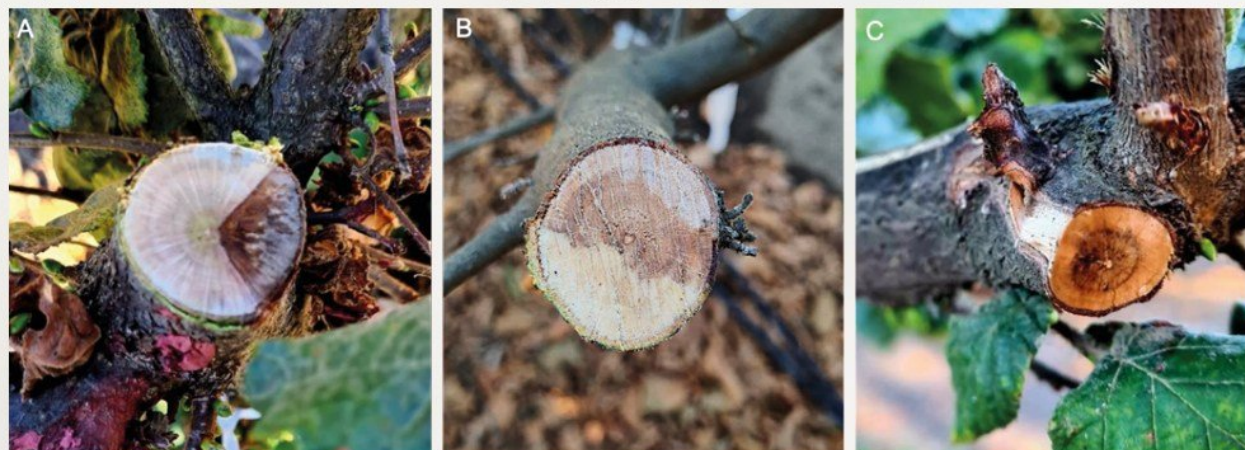
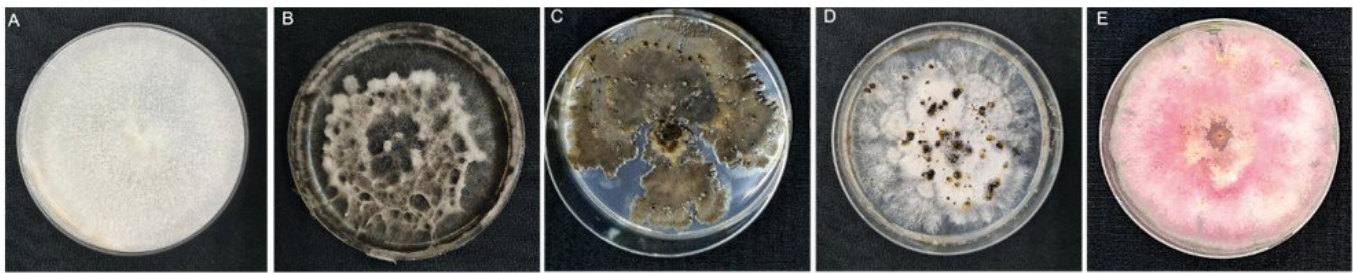


Figura 2. Cultivos puros de A) *Chondrostereum purpureum*, B) *Neofusicoccum parvum*, C) *Cytospora* sp., D) *Diaporthe* sp. y E) *Fusarium* sp.



los hongos. Se colectaron muestras sintomáticas y se trabajó con productores del Comité del Avellano Europeo, quienes colaboraron en el proyecto. En total se colectaron 340 muestras sintomáticas y se llevaron al Laboratorio, donde sus síntomas fueron registrados y clasificados (Figura 1).

Posteriormente, se realizó el aislamiento de los hongos desde trozos desinfectados de la madera sintomática, en medio de cultivo. Las colonias fungosas en crecimiento fueron purificadas e identificadas en base a las características macro y microscópicas de sus cultivos (Figura 2). Las identificaciones morfológicas fueron confirmadas a través de análisis molecular, en especial los basidiomycetes, que raramente desarrollan estructuras reproductivas en medio de cultivo, las que facilitan su identificación.

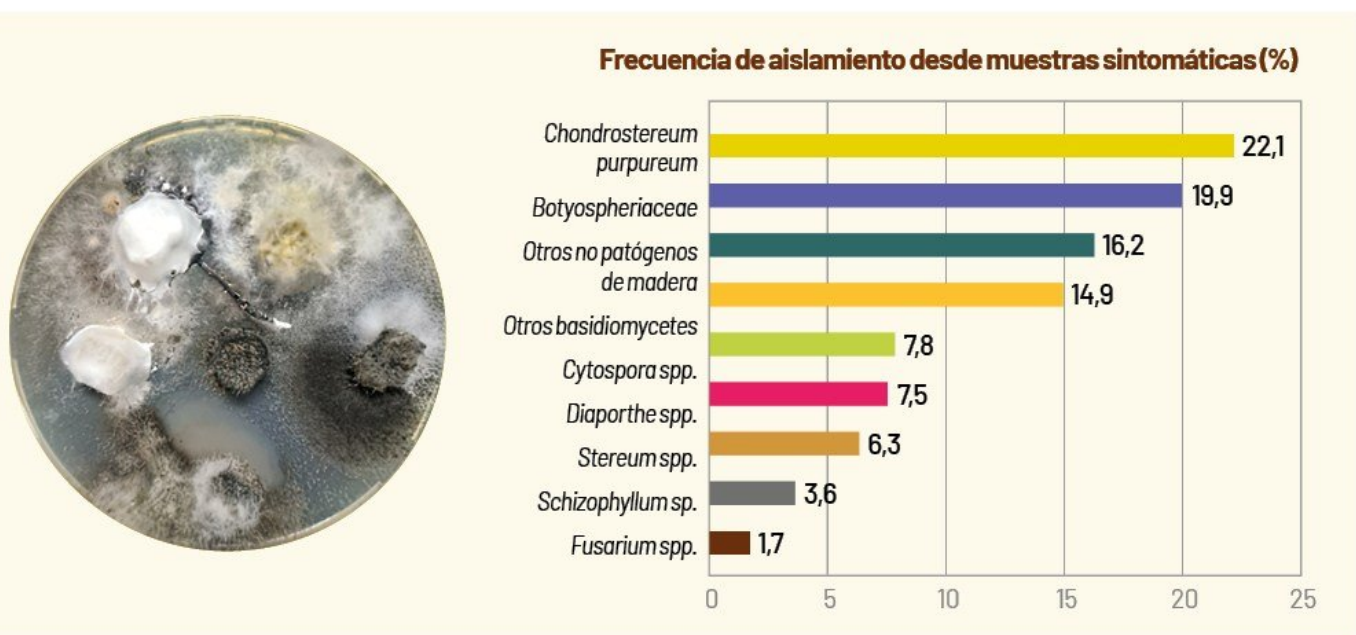


Las identificaciones morfológicas fueron confirmadas a través de análisis molecular

Los resultados de las identificaciones arrojaron que los patógenos que presentan mayor frecuencia de aislamiento desde muestras sintomáticas sobre avellano europeo, fueron *Chondrostereum purpureum*, seguido de hongos de la familia Botryosphaeriaceae, como los de los géneros *Diplodia* y *Neofusicoccum*. Posteriormente de los géneros ascomycetes *Cytospora* y *Diaporthe* y luego los basidiomycetes de los géneros *Stereum* y *Schizophyllum*. Finalmente, especies de *Fusarium* (Figura 3).

Para determinar si se trataba de aislamientos patógenos, se realizaron pruebas de patogenicidad. Para ello se enraizaron ramillas de avellano sanas, de la variedad Lewis, las que posteriormente fueron inoculadas con discos de micelio y agar de los distintos aislamientos e incubadas a 22°C por 60 días. Luego de este período, las ramillas se cortaron

Figura 3. Frecuencia de aislamiento de hongos de madera desde muestras sintomáticas de avellano europeo.



longitudinalmente y se midió la decoloración interna producida por los hongos (Figura 4).

Los hongos que presentaron mayor virulencia o velocidad de avance de la decoloración interna fueron los basidiomycetes. En primer lugar *C. purpureum*, seguido por *Stereum spp.*, *Schizophyllum sp.* y *Bjerkandera sp.* Luego están los ascomycetes *Neofusicoccum, sp.*, *Diplodia mutila* y finalmente *Diaporthe sp.* y *Fusarium sp.* (Figura 5).

Se prestó especial atención a *C. purpureum*, debido a la virulencia de sus aislamientos y a que aún no se había reportado en avellano europeo en Chile. Por ello, se inocularon plantas de vivero cv. Lewis y Tonda di Giffoni, con tres aislamientos del hongo. Los tres aislamientos fueron patogénicos, pero con diferencias en su virulencia. Por otra parte, el cultivar Lewis fue más susceptible que Tonda di Giffoni al patógeno (Figura 6).

VUELO DE INÓCULO Y CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las esporas de estos hongos infectan la madera a través de heridas. Otro de los objetivos de este proyecto fue determinar los períodos de mayor liberación de esporas, de manera de evitar

Figura 4. Pruebas de patogenicidad en ramillas sanas de avellano europeo.

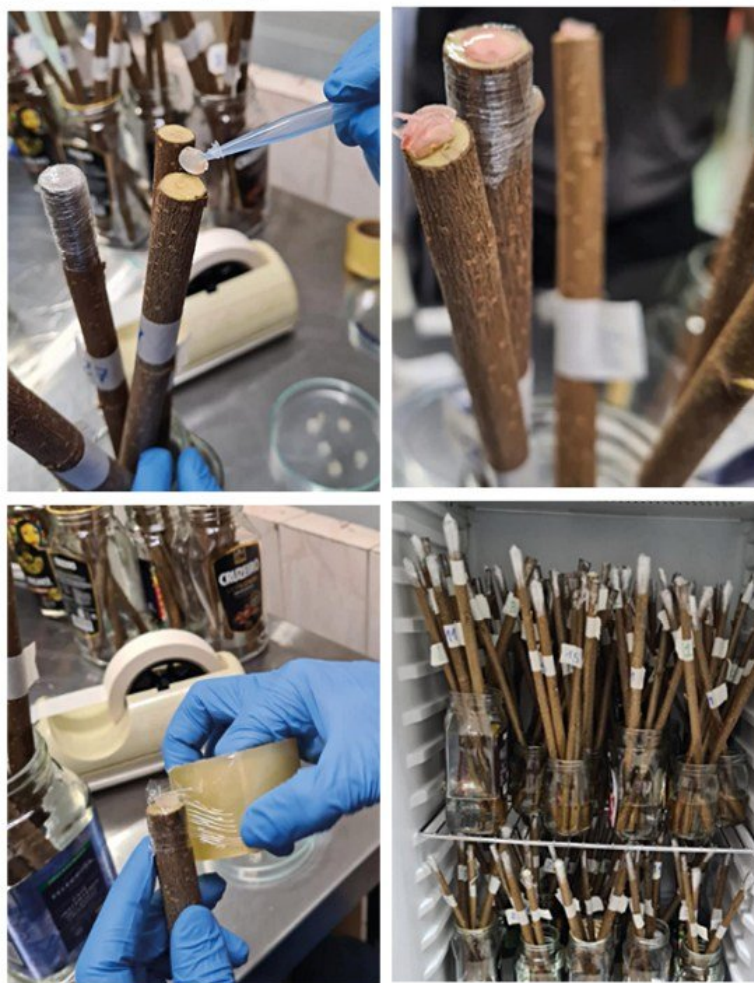


Figura 5. Decoloración interna de la madera de ramillas de avellano europeo cv. Lewis, inoculadas con aislamientos de hongos de madera, después de 60 días de incubación a 22°C.

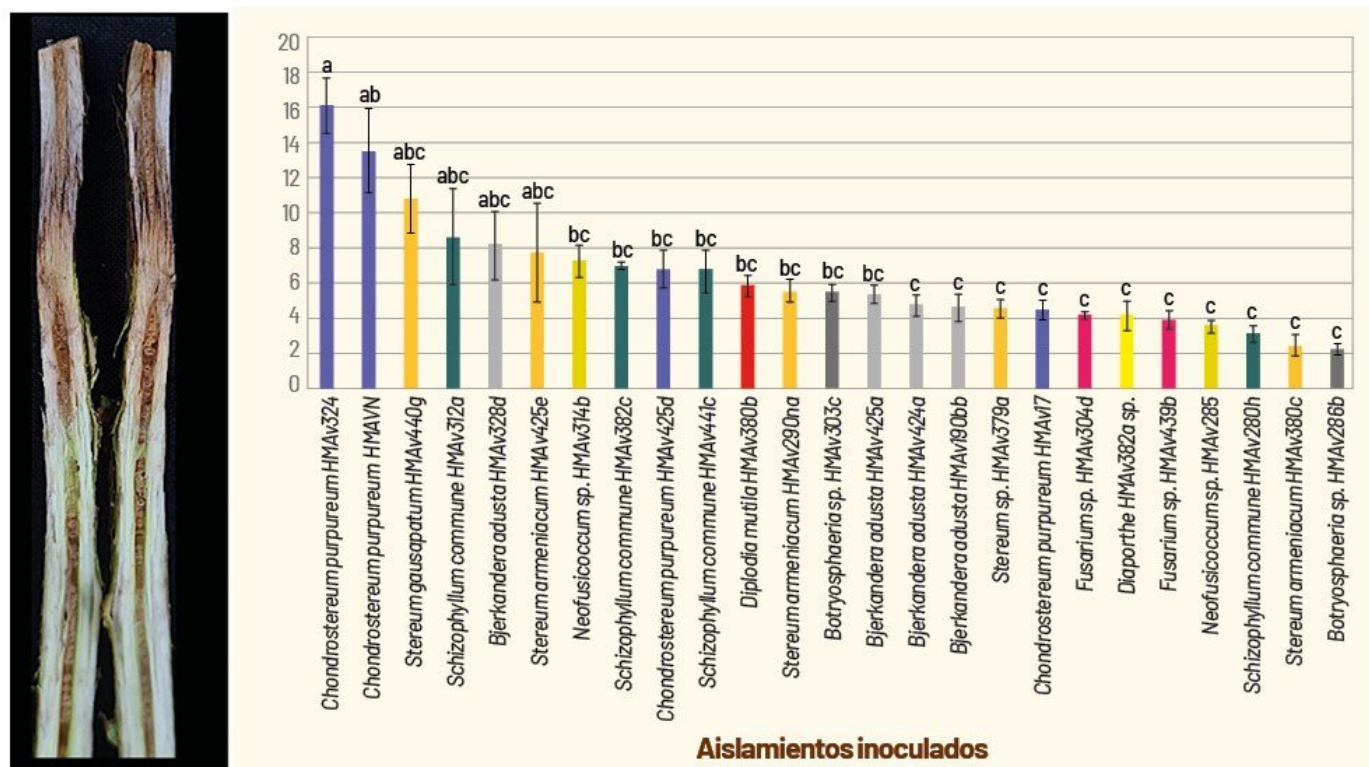


Figura 6. Decoloración de la madera en plantas de vivero de los cultivares Lewis y Tonda di Giffoni, inoculados con aislamientos de *Chondrostereum purpureum*, después de 137 días de incubación en sombreadero.

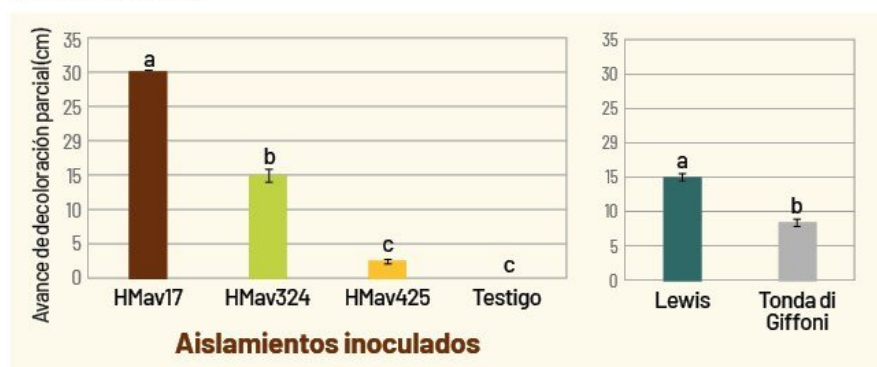


Figura 7. Protocolo de qPCR y cazaesporas en avellano europeo.



realizar labores que impliquen heridas, como podas, en períodos de altos niveles de vuelo de estas.

Para cuantificar el inóculo presente en el ambiente se instalaron cazaesporas consistentes en vidrios portaobjetos con vaselina en un huerto cv. Lewis, ubicado en las cercanías de la localidad de Bulnes. En estos cazaesporas se adhieren partículas en suspensión, incluyendo esporas de hongos. Los portaobjetos fueron colectados e intercambiados por nuevos cada siete días. Estos fueron almacenados a -20 °C hasta su posterior análisis de en laboratorio.

Se estandarizó un protocolo de qPCR previamente desarrollado para cuantificar hongos que afectan a cerezo, pero esta vez utilizando partidores específicos para los hongos que ya se sabe están

causando problemas en avellanos (Figura 7). De esa forma, se monitoreó por dos años el vuelo de inóculo de *C. purpureum*, *Neofusicoccum sp.* y *Diplodia sp.*

Los datos de la cantidad de esporas ambientales mensuales fueron correlacionados con factores climáticos monitoreados por la estación de la Red Agrometeorológica de INIA de Nueva Aldea (36.64°S, 72.51°W), la más cercana al huerto. Se utilizaron los siguientes parámetros: promedio de las temperaturas mensuales, suma de precipitación mensual, promedio de la humedad relativa mensual, número de horas al mes con temperaturas mayores a 10°C, número de horas al mes con precipitaciones mayores a 1 mm, número de horas con heladas, número de horas con precipitaciones mayores a 1 mm y temperaturas

mayores a 10°C e interacción entre temperaturas y precipitaciones. Para evitar artefactos relacionados con la estacionalidad, los datos fueron estandarizados mediante la división por el promedio mensual.

De esta manera, pudo observarse que la variable que presentó una mayor correlación fue el número de horas con precipitaciones mayores a 1 mm, para los tres patógenos estudiados, mostrando diferencias en el grado de determinación dependiendo de la especie.

La temperatura, en especial medida como horas con temperaturas sobre 10°C, también tuvo efecto en la liberación de esporas. Sin embargo, este factor afectó de distinta forma a los patógenos. Las especies de Botryosphaeriaceae respondieron en mayor medida a este factor y para *C. purpureum* el efecto fue mínimo.

Aunque el análisis de las correlaciones con datos meteorológicos entrega resultados que permiten establecer algunas relaciones generales, resulta importante profundizar el análisis, aumentando la cantidad de sitios de muestreo e incorporando explícitamente la localización in situ de los instrumentos meteorológicos, dada la alta variabilidad del clima en Chile. Es así como a futuro se espera monitorear un mayor número de patógenos y en base a los datos desarrollar algoritmos predictivos de riesgo de infección. Así, se podrán tomar decisiones más oportunas y eficientes para manejar sus huertos contra los hongos de madera y disminuir su diseminación a plantas sanas y otros cultivos susceptibles.

Respecto de las condiciones climáticas y el comportamiento de los hongos de madera es importante mencionar que en las últimas temporadas lluviosas y con temperaturas moderadas, se observó un aumento

en el número de plantas vivas y productivas con desarrollo de cuerpos frutales de los hongos, lo que es muy llamativo cuando se habla de basidiomycetes. Hasta hace algunos años, se podían encontrar estos cuerpos frutales sólo en tocones de plantas muertas o árboles con muerte regresiva, muy dañados. Estos últimos años se ha podido observar el desarrollo de estos cuerpos frutales, además de tocones y madera muerta, en plantas vivas y productivas, lo que dificulta su manejo en el huerto (Figura 8).

Esto también ha ocurrido con *C. purpureum*. Al inicio de las colectas sólo se pudo detectar la presencia del hongo a través del aislamiento e identificación. Es importante mencionar que el típico síntoma foliar, correspondiente a hojas plateadas, que caracteriza a las plantas afectadas con este patógeno y que es producido por una capa de aire que se forma entre la epidermis del mesófilo de las hojas, producto de la actividad de una enzima específica (endoPG1) que viaja por los haces vasculares donde degrada la pectina, no ha podido ser observado en avellano europeo. La coloración es fácil de ver en hojas de frutales como manzano, arándano y duraznero, y un poco más difícil en cerezo y ciruelo. En avellano es más complejo de detectar, probablemente debido a que la hoja tienen abundante lignina y celulosa, lo que las hace más duras y leñosas.

Así como en los otros basidiomycetes, en las últimas temporadas se han observado cuerpos frutales de *C. purpureum* desarrollándose en plantas vivas además de muertas, lo que implica que se está liberando inóculo en el mismo huerto, aumentando el riesgo de infección (Figura 9).

PREVENCIÓN Y CONTROL

Hasta la fecha, casi no existen experiencias extranjeras en el manejo de enfermedades de avellano europeo ya que, para los principales productores mundiales, Turquía e Italia, el cultivo es extensivo y de baja tecnificación. Esto ha llevado al Laboratorio de Fitopatología de Frutales de INIA a realizar ensayos de eficacia, incluyendo diversos ingredientes activos químicos, productos biológicos e inductores de respuesta inmune.

Se iniciaron los ensayos de control químico con pruebas *in vitro* de 11 ingredientes activos y/o sus

Figura 8. Cuerpos frutales de los hongos basidiomycetes: A) *Schizophyllum commune*, B) *Stereum* sp. y C) *Trametes* sp.



Las esporas de estos hongos infectan la madera a través de heridas

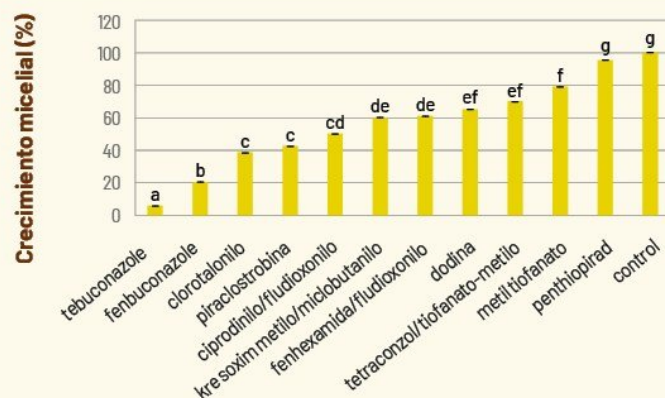
mezclas. Se evaluó el crecimiento micelial de los hongos de madera *Neofusicoccum parvum*, *Diplodia mutila*, *Chondrostereum purpureum*, *Schizophyllum commune*, *Stereum hirsutum*, *Diaporthe foeniculina* y *Fusarium* sp., en diluciones seriadas de los activos y/o sus mezclas.

Los resultados indicaron que *N. parvum* y *D. mutila* presentaron mayor sensibilidad a ciprodinilo+fludioxonilo y fenhexamida+fludioxonilo, respectivamente, seguidos por tebuconazole. El crecimiento micelial de *D. foeniculina* fue inhibido principalmente por las mezclas de ciprodinil+fludioxonil y fenhexamida+fludioxonilo. *Fusarium* sp., por otra parte, presentó el menor crecimiento cuando se expuso a penthiopirad y a las mezclas de ciprodinil/fludioxonil y fenhexamida/fludioxonil. Los basidiomycetes *S. commune* y *S. hirsutum* fueron inhibidos en mayor medida por tebuconazole y ciprodinil+fludioxonil, respectivamente. Finalmente, *C. purpureum* fue inhibido por tebuconazole, seguido por fenbuconazole (Figura 10).

Figura 9. Cuerpos frutales de *Chondrostereum purpureum* creciendo desde A) tocones y B) plantas vivas de avellano europeo. C) Basidiosporas del hongo que se producen y liberan desde los cuerpos frutales.



Figura 10. Crecimiento micelial de *Chondrostereum purpureum* sobre 0,1 ppm de 11 ingredientes activos químicos y/o sus mezclas, y un control (agua) Tukey ($p < 0,05$).



También se realizaron ensayos para determinar la eficacia de pastas de poda, durante dos temporadas. En el momento en el que el agricultor pudo, se pintaron cortes de similares diámetros con diez pinturas de poda comerciales. Después de nueve meses, las ramillas pintadas fueron cortadas longitudinalmente y el largo de la decoloración interna fue medido.

En ninguna temporada hubo pinturas que detuvieran absolutamente el avance de la decoloración de la madera. Sin embargo, hubo algunas que demoraron el avance hasta en 50%. Las formulaciones de estos últimos eran en base a tebuconazole, $\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{CH}$, pino-leno y $\text{Cu} + \text{Mn} + \text{Zn}$.

Por otra parte, se evaluó la eficacia de productos asperjados, en base a: benomilo, boscalida+piraclostrobina, ciprodinilo+fludioxonilo, dodina, fenbuconazole, kresoxim-metilo+miclobutanilo, metil-tiofanato, penthioprad, piraclostrobina, tebuconazole, y un control (agua). El ensayo se realizó en plantas de la variedad Tonda di Giffoni (2018), donde se efectuaron tres aplicaciones de los tratamientos, iniciando en la poda y luego dos aplicaciones más bajo condiciones de alta pluviosidad. Después de 12 meses se evaluó el número de brotes vivos y muertos, y la longitud de la decoloración interna en las ramillas donde se realizaron cortes de poda en la temporada anterior. Los tratamientos asperjados con tebuconazole y fenbuconazole presentaron el menor número de brotes muertos y el menor avance de decoloración interna de la madera. No hubo diferencias en el número de brotes vivos.



A futuro se espera **monitorear un mayor número de patógenos**

A los ensayos descritos previamente se suman experiencias con productos biológicos y con inductores de respuesta inmune. Con estos últimos se ha obtenido respuesta positiva de productos en base a algas y a extractos vegetales. Con los productos biológicos se está evaluado el parasitismo de cuerpos frutales y colonización de cortes en la madera.

PLANES DE MANEJO Y PREVENCIÓN DE LA INFECCIÓN

Se espera realizar un mayor número de ensayos y en distintas condiciones edafoclimáticas, de manera de obtener resultados más robustos y elaborar planes de manejo de estas enfermedades que incorporen más de una estrategia de control.

Es importante recordar que la mejor forma de combatir los hongos de madera es prevenir la infección. Al establecer los huertos, asegurarse de iniciar con plantas sanas. Ya en el huerto, hay que tener en cuenta que los períodos de mayor riesgo de infección corresponden a los 'peaks' de vuelo de esporas, los que ocurren después de lluvias con temperaturas moderadas. En esos momentos hay que evitar realizar prácticas que involucren heridas, como la poda. Los restos de poda deben ser retirados del huerto porque es ahí donde se desarrollan los cuerpos frutales que emiten las esporas que causarán nuevas infecciones. También eliminar el inóculo desde los bordes de los huertos, donde muchas veces hay tocones de cortinas cortavientos con cuerpos frutales. ☹