

## Biodegradación *in vitro* de *Trametes versicolor* y *Schizophyllum commune* como potenciales biocontroles de *Acacia melanoxylon* en Chile

*In vitro* biodegradation of *Trametes versicolor* and *Schizophyllum commune* as potential biocontrols for *Acacia melanoxylon* in Chile

Victor Levicoy <sup>a</sup>, Rodrigo Morales <sup>a\*</sup>

\*Autor de correspondencia: <sup>a</sup> Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia, Laboratorio de Sanidad Vegetal y Bosques, Coyhaique, Chile, tel.: 56 67 2526935, rmorales@uach.cl

### SUMMARY

*Acacia melanoxylon* is an exotic and invasive species in Chile, one that is difficult to control by cutting trees and applying chemical products. This has made its management for ecological restoration difficult, signifying the need to investigate alternative, effective and environmentally friendly methods. The objective of this study was to evaluate the degree of *in vitro* biodeterioration of *A. melanoxylon* wood with *Trametes versicolor* and *Schizophyllum commune* fungus, collected from naturally parasitized stumps in the field. Kinetic growth studies and biodeterioration tests on *A. melanoxylon* wood were carried out over four months in the laboratory. *Trametes versicolor* had the highest colony development at eight days on 2 % malt agar and the highest significance of biodeterioration with 25.3 % in average loss of wood mass, with abundant colonization and aggressiveness, compared to 6.1 % biodeterioration by *S. commune*. However, the pathogenicity of *S. commune* in stumps in the field must be evaluated before this fungus can be ruled out as a biocontrol. These results correspond to the first studies regarding the *in vitro* evaluation of the biodegradation capacity of xylophagous fungi in the search for potential biocontrols for *A. melanoxylon* that contribute to the success of ecological restoration in forests.

**Keywords:** *Acacia melanoxylon*, invasive, ecological restoration, xylophagous fungi, biocontrol.

### RESUMEN

*Acacia melanoxylon* es una especie exótica e invasora en Chile, de difícil control mediante la corta de individuos y la aplicación de productos químicos. Ello ha dificultado labores de control de esta especie y de restauración ecológica, generando la necesidad de investigar métodos alternativos, eficaces e inofensivos con el medioambiente. El objetivo del estudio fue evaluar el grado de degradación *in vitro* en madera de *A. melanoxylon* por los hongos *Trametes versicolor* y *Schizophyllum commune*, colectados desde tocones parasitados naturalmente en campo. Se realizaron estudios de cinética de crecimiento y ensayos de biodeterioro en probetas de madera de *A. melanoxylon* durante cuatro meses en laboratorio. *Trametes versicolor* tuvo el mayor desarrollo de colonias a los ocho días en agar malta 2 % y el mayor nivel significativo de biodeterioro de 25,3 % en pérdida de masa promedio de probetas, con abundante colonización y agresividad a diferencia del 6,1 % alcanzado por *S. commune* en biodeterioro; sin embargo, aún no puede ser descartado como biocontrolador, por lo que habría que evaluar su capacidad degradante sobre tocones en campo. Estos resultados corresponden a los primeros estudios en la evaluación biodegradadora *in vitro* de hongos xilófagos en la búsqueda de potenciales biocontroles para *A. melanoxylon*, y que contribuyan en el éxito de la restauración ecológica de bosques.

**Palabras clave:** *Acacia melanoxylon*, invasora, restauración ecológica, hongos xilófagos, biocontrol.

### INTRODUCCIÓN

Las especies invasoras son uno de los factores más importantes en la pérdida de biodiversidad de los ecosistemas, debido a que ocupan y colonizan nichos ecológicos de las especies autóctonas de un territorio, alterando su desarrollo, dinámica regenerativa y el paisaje en su integridad (León *et al.* 2009, Capdevila-Argüelles *et al.* 2013). La necesidad de mitigación y control de estas especies se ha visto incrementada en el último tiempo, evidenciada en investigaciones enfocadas al control de los efectos nocivos

de las especies invasoras en el desarrollo de programas de restauración ecológica de bosques (León *et al.* 2009, Norton 2009, Alonso y Castro-Díez 2015). En Chile, *Acacia melanoxylon* R. Br. es una de las principales especies invasoras, distribuyéndose desde la región de Valparaíso a la de Los Lagos (Fuentes *et al.* 2014). Se caracteriza por su rápido crecimiento, abundante semillación, e irrumpir en las dinámicas ecológicas y riqueza de especies nativas (Loewe *et al.* 1997, Ramírez y Schlatter 1998, CONAF 2019).

Uno de los problemas evidenciados al manejar esta especie, es su importante capacidad de rebrote de tocón, lo

que dificulta su control en aquellos rodales donde se ha aplicado raleos o cuando se quiere hacer cambio de uso del suelo en áreas cubiertas por *A. melanoxylon*. A los tocones se les aplica herbicida para el control de los rebrotes, siendo una labor que conlleva costos adicionales y uso de productos químicos (Rodríguez *et al.* 2019).

Estos productos pueden afectar la salud humana, impactar enemigos naturales de plagas, insectos polinizadores, vegetación nativa y en algunos casos aumentar la resistencia de especies invasoras a los productos y altos costos asociados (Mack *et al.* 2000, Guédez *et al.* 2008). Como alternativa factible, el control biológico es una práctica para manejar agentes de perturbación mediante aplicación de organismos específicos y sus mecanismos ecológicos (Cortez y López 2014).

Entre los controladores biológicos se encuentran los hongos, organismos exitosos en el control de insectos en cultivos, en plantaciones forestales y en otras áreas de los recursos naturales (Guédez *et al.* 2008). Los hongos, como biocontroladores de plantas invasoras, se aplican desde hace décadas en el mundo, destacando casos exitosos como la roya *Phragmidium violaceum* (Schultz) en zarzamora (*Rubus constrictus* P.J. Müll. *et* Lefèvre), *Chondrostereum purpureum* (Pers.) para el control de rebrotes en tocones de varias especies latifoliadas invasoras, *Verticillium nonalfalfae* (Inderbitzin, H.W. Platt, Bostock, R.M. Davis & K.V. Subbarao) utilizado en la invasora *Ailanthus altissima* ((Mill.) Swingle), la roya *Uromycladium tepperianum* (Sacc.) utilizada para el control de *Acacia saligna* ((Labill.) H.L. Wendl.), entre otros casos en los distintos continentes (Butt *et al.* 2001, Hamberg *et al.* 2020, Brooks *et al.* 2020). En España, Montero *et al.* (2017) han estudiado hongos saprófitos para la degradación de tocones y rebrotes de *Acacia dealbata* Link y *Ailanthus altissima*, señalando la potencialidad como biocontrol, aunque no han registrado resultados concretos a siete meses de inoculaciones en terreno.

En este sentido, la elección de hongos con capacidad biodegradadora es clave en el éxito futuro del biocontrol, evaluando en primera etapa la biodegradación *in vitro* de madera de especies invasoras. *Trametes versicolor* (L: Fr.) Qué., es un hongo común en la naturaleza, el cual puede generar pérdidas de peso entre 25 y 55 % en ensayos de durabilidad natural de maderas de diferentes árboles (Encinas y Mora 2003, Zaid 2004, Fallas 2015, Carranza *et al.* 2019). Por su parte, *Schizophyllum commune* (Fries) es mencionado como un hongo pudridor frecuente en diferentes árboles, pero de baja capacidad de biodeterioro *in vitro* de madera de coníferas y latifoliadas, generando pérdidas de peso de solamente 3,7 % en ensayos *in vitro*, señalando que no hay claridad sobre sus mecanismos para generar pudriciones y descomponer la lignina (Takemoto *et al.* 2010, Zhu *et al.* 2016).

Según estudios fitopatológicos, *S. commune* corresponde a un patógeno débil y puede afectar a árboles urbanos y frutales a través de heridas, lo cual hace necesario estudiar

y clarificar el rol ecológico que podría tener (Snieškiene y Juronis 2001, Takemoto *et al.* 2010, Nouri *et al.* 2019, Hamberg *et al.* 2020).

En la Reseva Nacional Nonguén, región del Biobío, se observó que los hongos *T. versicolor* y *S. commune* estaban naturalmente presentes en tocones de *A. melanoxylon* que mostraban biodeterioro y ausencia de rebrotes, antecedentes de interés no descritos aún en la literatura. Entonces, la hipótesis de estudio es que ambos hongos causan biodegradación en la madera de *A. melanoxylon*. El objetivo de este estudio es evaluar el grado de biodeterioro *in vitro* de los hongos *T. versicolor* y *S. commune* colectados de campo e inoculados en madera de *A. melanoxylon*. Estos antecedentes corresponden a los primeros estudios sobre la potencialidad de estos hongos como biocontrol de *A. melanoxylon* para facilitar la restauración ecológica de bosques, perspectivas que abren nuevas líneas de investigación biotecnológica en el país.

## MÉTODOS

**Colecta de hongos xilófagos.** Los hongos se colectaron en octubre de 2018 en la Reseva Nacional Nonguén (36° 53' 52" S, 72° 59' 01" O), región del Biobío, Chile. Como criterio de selección se colectaron *in situ* especies fúngicas sobre tocones de *A. melanoxylon*, y que evidenciaban acción biodegradadora y/o patogenicidad sobre los tocones (figura 1). De esta manera se identificaron los hongos *T. versicolor* y *S. commune* presentes en los tocones, de los cuales se colectaron 50 fructificaciones de cada especie y fueron trasladadas en contenedor a 10 °C aproximados al Laboratorio de Salud de Bosques y Ecosistemas de la Universidad Austral de Chile para realizar los aislamientos respectivos.

**Aislamientos y cultivos puros.** Las fructificaciones fueron sometidas a protocolos de desinfección superficial en hipoclorito de sodio al 1 % y alcohol 70 %. Se cortaron trozos de 5 mm, se sembraron en sustrato de agar malta al 2 % en placas Petri y fueron incubadas por 20 días a 23 °C en cámara de incubación. Se obtuvieron 30 placas de cultivos puros de cada hongo, realizando repiques desde los aislamientos, para cuantificar su desarrollo y evaluar las tasas de crecimiento diametral de las colonias de los hongos (French y Hebert 1980).

**Preparación de probetas de madera.** Se extrajeron muestras de dos trozas de 1,5 m de largo de *A. melanoxylon* para la elaboración de 60 probetas de madera de albura, de 50 x 20 x 5 mm de dimensión, histológicamente es importante que las muestras fueran de albura, ya que corresponde al área o sección del tocón de interés para futuras evaluaciones *in situ*. Estas fueron llevadas a estado anhidro mediante secado en estufa a 105 °C por 24 horas de acuerdo con la norma chilena NCh 176 (INN 1984). Posteriormente desecadas por cinco minutos al peso anhidro inicial y hu-

medicidas a un 40 % (Zaid 2004, Tapia 2010). Se utilizó la ecuación de humedad de acuerdo con la norma chilena NCh 176 (INN 1984) [1]:

$$H = ((m_1 - m_2) / m_2) \cdot 100 \quad [1]$$

Donde:  $H$  = porcentaje de humedad de la probeta,  $m_1$  = peso húmedo o verde (g),  $m_2$  = peso seco (g).

Despejando la variable  $m_1$  se obtuvo la ecuación a utilizar para conocer el peso húmedo de la probeta al 40 % de humedad [2]:

$$m_1 = m_2 \cdot (1 + (H / 100)) \quad [2]$$

Donde:  $m_2$  = peso anhidro inicial obtenido anteriormente,  $H = 40$  % de humedad deseada en la probeta.

Con el peso húmedo calculado, las probetas fueron sumergidas en agua corriente durante aproximadamente ocho horas hasta alcanzar el peso al 40 % de humedad.

**Ensayo de biodegradación.** Se prepararon 30 placas Petri para el ensayo con cada agente fúngico de acuerdo con la figura 2. Cada placa fue preparada en su interior con papel filtro humedecido con agua destilada y dos barras de soporte de vidrio para las probetas. Cada probeta, a ex-

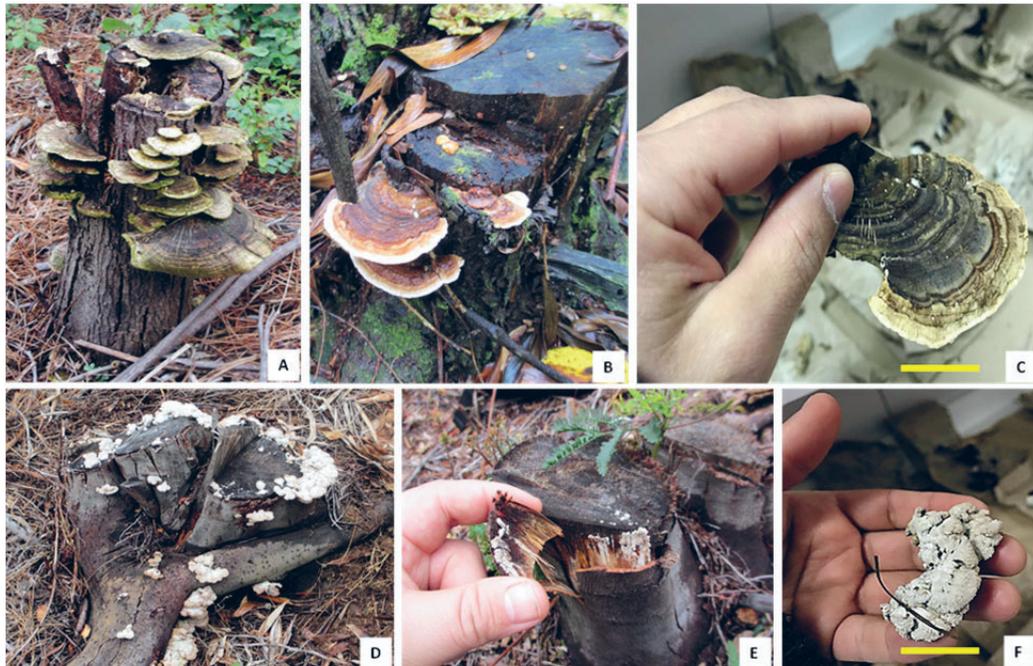
cepción del tratamiento testigo, fue inoculada en las cuatro esquinas de la cara superior con trozos de micelio de 5 mm de diámetro. Las placas Petri fueron rotuladas, selladas con papel Parafilm e incubadas en cámara de cultivo a 23 °C durante 16 semanas.

**Evaluación de biodeterioro de probetas de madera.** Las probetas fueron extraídas de las placas y limpiadas del micelio superficial (lavado con agua destilada) y secadas en estufa a 105 °C por 24 horas, según la norma chilena NCh 176 (INN 1984), obteniendo el peso anhidro final. La pérdida de peso se calculó siguiendo la ecuación de Zaid (2004) [3]:

$$\% Pp = ((P_{si} - P_{sf}) / P_{si}) \cdot 100 \quad [3]$$

Donde:  $\% Pp$  = pérdida de peso expresada en porcentaje,  $P_{si}$  = peso anhidro inicial previo al ensayo y  $P_{sf}$  = peso anhidro final posterior al ensayo.

Los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza entre los tratamientos *S. commune* y *T. versicolor*. Se utilizó la tabla de sensibilidad al biodeterioro propuesta por Findlay (1962) para validar efectos de biodeterioro de los tratamientos sobre *A. melanoxylon* en laboratorio.



**Figura 1.** Selección y colecta *in situ* de hongos xilófagos en tocones de *A. melanoxylon*. A) Tocón muerto y colonizado por *T. versicolor*. B) Tocón vivo colonizado y con fructificaciones activas de *T. versicolor*. C) Basidiocarp de *T. versicolor* (barra amarilla representa 1 cm). D) Tocón vivo y colonizado por *S. commune*. E) Colonización floemática y cambial de *S. commune* bajo la corteza. F) Basidiocarp de *S. commune* (barra amarilla representa 1 cm).

*In situ* selection and collection of xylophagous fungi in stumps of *A. melanoxylon*. A) Dead stump colonized by *T. versicolor*. B) Live colonized stump with active *T. versicolor* fructifications. C) Basidiocarp of *T. versicolor* (yellow bar represents 1 cm). D) Live stump colonized by *S. commune*. E) Phloem and cambial colonized by *S. commune* under the bark. F) Basidiocarp of *S. commune* (yellow bar represents 1 cm).

## RESULTADOS

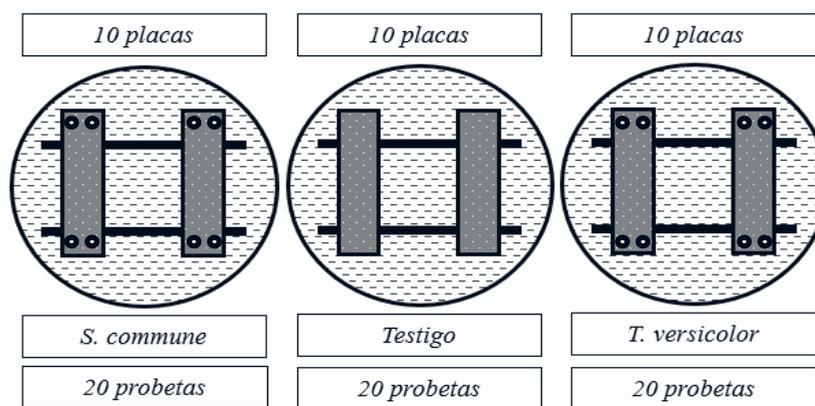
*Cinética de crecimiento y biodegradación in vitro.* *Trametes versicolor* fue el hongo con desarrollo más rápido de ambos tratamientos, alcanzando los bordes de la placa Petri a los 8 días (192 h), mientras que *S. commune* detuvo su crecimiento a los 12 días (288 h), sin haber alcanzado el borde la placa Petri (figura 3).

En acción biodegradadora, *T. versicolor* registró la mayor pérdida de masa, con una media de 25,3 % por sobre los 6,1 % de *S. commune* (figura 4). De la misma forma, *T. versicolor* mostró amplia variación en sus resultados, con una pérdida de masa máxima de 41 % y mínima de 14,2 %. La vigorosidad de *T. versicolor* fue evidente tanto en agar malta (figura 3) como sobre las probetas de *A. melanoxylon*, evidenciando una intensa actividad micelial y de colonización (figura 5).

Según Findlay (1962), la pérdida de masa de madera de 6,1 % de *A. melanoxylon* en el tratamiento de biodegradación con *S. commune*, es calificada como madera altamente resistente. Con el tratamiento de *T. versicolor*, la pérdida de masa promedio de 25,3 %, lo que se califica como madera moderadamente resistente al hongo. Esto demuestra el mayor efecto biodegradador de *T. versicolor* sobre la madera de *A. melanoxylon*.

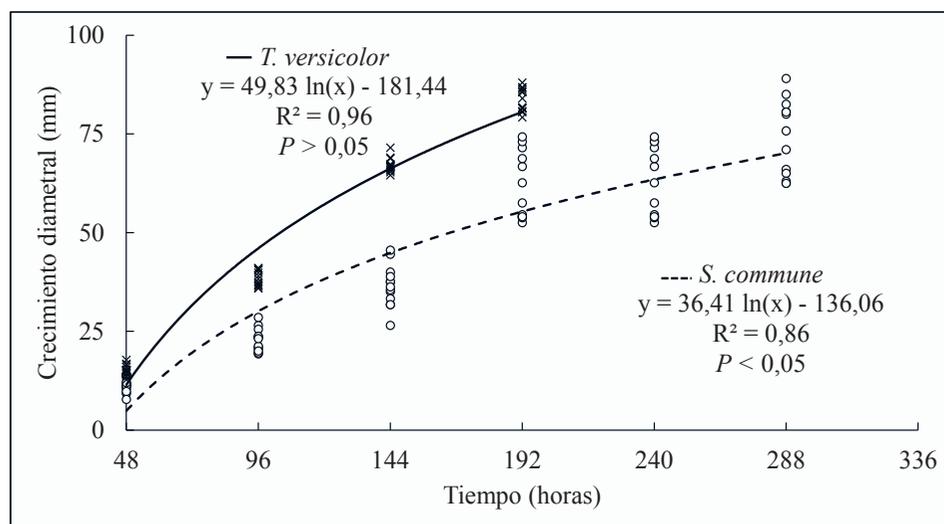
## DISCUSIÓN

La presencia de *T. versicolor* en tocones de *A. melanoxylon* demuestra la capacidad de colonización de este hongo en campo y, a través de este ensayo *in vitro*, se corrobora la capacidad biodegradadora y la colonización micelial sobre madera de albura. Similares resultados se han obtenidos *in vitro* sobre otras especies arbóreas, como



**Figura 2.** Esquema de ensayo de biodeterioro fúngico.

Scheme of the fungal biodeterioration test.



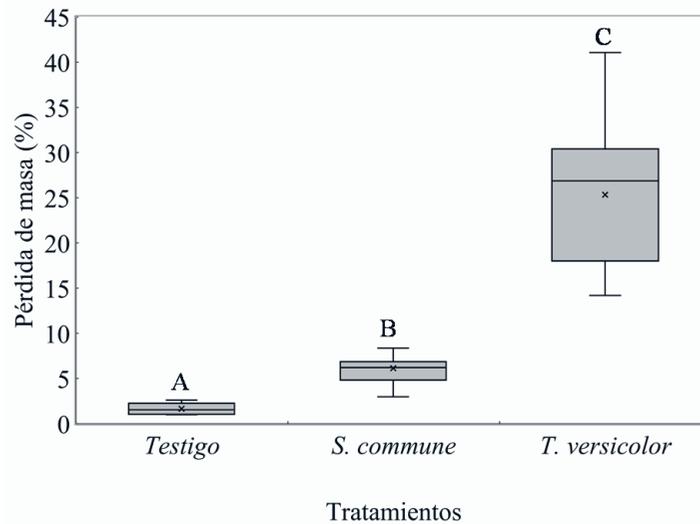
**Figura 3.** Cinética de crecimiento diametral de colonias fúngicas de *T. versicolor* y *S. commune* en placas Petri.

Diametral growth kinetics of fungal colonies of *T. versicolor* and *S. commune* in Petri dishes.

*Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* (L. f.), donde hubo pérdidas de peso de 25 a 55 % en ensayos de durabilidad natural (Fallas 2015).

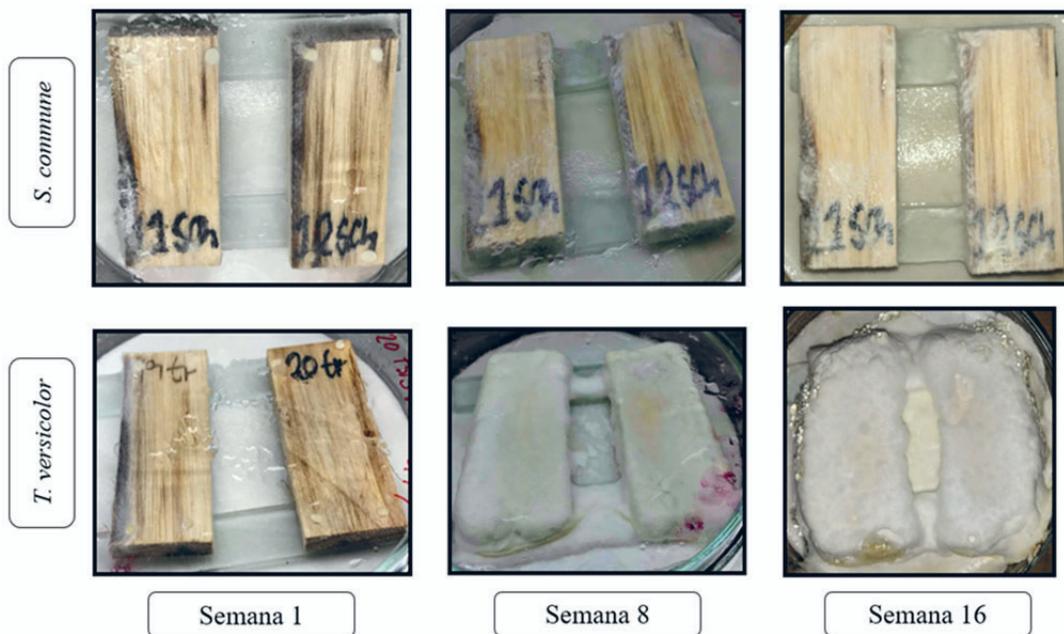
Los niveles de biodegradación obtenidos en este estudio corresponden a los primeros resultados en la evaluación de este hongo sobre madera de *A. melanoxylon*. La acción biodegradadora registrada se explica porque este hongo es causante de pudrición blanca, con enzimas que

degradan los complejos componentes de lignina de la madera (Schmidt 2006). Esta característica permite predecir un potencial efecto de *T. versicolor* para utilizarlo en ensayos de campo como biocontrol. Cabe destacar que, al momento de colecta de este hongo, fue notoria la biodegradación observada en los tocones y estos no presentaban rebrotes por el alto grado de biodeterioro (figura 1A y 1B).



**Figura 4.** Biodegradación mediante agentes fúngicos. Línea continua al interior de la caja corresponde a mediana, mientras que la x corresponde a la media. Letras sobre las cajas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Biodegradation of *T. versicolor* and *S. commune*. Solid line inside the box corresponds to the median, while the x corresponds to the mean. Letters above the boxes indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).



**Figura 5.** Actividad biodegradadora y desarrollo micelial sobre probetas de madera de *A. melanoxylon*.

Biodegradation activity and mycelial development on wood piece of *A. melanoxylon*.

Por otra parte, *S. commune* causa un bajo nivel de biodeterioro en madera de *A. melanoxylon*, resultado similar a ensayos de biodeterioro en coníferas y latifoliadas con pérdidas de masa entre 0 - 3,7 %, logrando mayor biodegradación en *Cryptomeria japonica* (Thunb. L.f.) D. Don y *Liriodendron tulipifera* L. *Schizophyllum commune* se clasifica como un hongo de pudrición blanca y de bajo nivel de biodeterioro (Takemoto *et al.* 2010, Zhu *et al.* 2016). Sin embargo, *S. commune* aún no puede ser descartado como potencial bicontrol, porque la definición de su rol ecológico en la naturaleza puede ser de un efectivo biocontrolador de especies leñosas, aunque provoque poca pudrición.

Estudios fitopatológicos, señalan que *S. commune* puede ingresar por heridas (podas o cortes) para establecerse e incluso puede generar canchales en los tejidos (Snieškienė y Juronis. 2001, Nouri *et al.* 2019). Por el comportamiento visto en campo al coleccionar muestras, este hongo muestra un carácter de patógeno débil, presente en el perímetro de los tocones vivos y desarrollándose bajo la corteza en zonas floemáticas y cambiales (figura 1D y 1E). Estos antecedentes indican un grado de deterioro del tocón (madera) menor como se concluyó en los resultados, actividad que no se debe subestimar en el potencial que podría tener *S. commune* en un manejo *in situ* por ejemplo su actividad patógena afectando tejido vivo. Con los resultados obtenidos, se podría vislumbrar que *T. versicolor* tiene potencial como candidato principal para el biocontrol de aroma *in situ*, y también hace necesario probar a *S. commune* en ensayos en campo para futuras investigaciones y evaluar tanto su patogenicidad y ecológicos como patógeno en tocones de *A. melanoxylon* como posible biocontrol.

## CONCLUSIONES

El hongo *T. versicolor* presenta mayor velocidad de crecimiento y mayor tasa de biodegradación en la madera de *A. melanoxylon* que *S. commune*, aspectos biológicos clave que podrían otorgar buen desempeño en inoculaciones directas a tocones de *A. melanoxylon* en campo.

Si bien *S. commune* causa bajo grado de biodeterioro en madera de *A. melanoxylon*, no puede ser descartado como biocontrolador, pues requiere de otros estudios, como de probar por ejemplo este hongo en campo sobre tocones de *A. melanoxylon* para evaluar su capacidad patogénica y degradadora de tocones para analizar su efecto sobre la emisión de rebrotes, lo que podría contribuir en el biocontrol de *A. melanoxylon* en campo bajo esas condiciones ambientales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la fuente de financiamiento del estudio, realizado en el marco del proyecto “Estrategias de restauración ecológica en ecosistemas invadidos por *Acacia melanoxylon* en la zona costera de la región del Bio-bío”, financiado por el Fondo de Investigación del Bosque

Nativo de la Corporación Nacional Forestal. Al ingeniero Sr. Sergio Román Soto, por su valiosa colaboración en las colectas de hongos xilófagos en terreno.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Los autores Víctor Levicoy y Rodrigo Morales llevaron a cabo los estudios en el marco del proyecto FIBN 036/2018 de CONAF. R. Morales planteó la idea como investigador dentro del proyecto. Los autores con los resultados elaboraron en conjunto el primer borrador del manuscrito y revisaron en conjunto la versión final.

## REFERENCIAS

- Alonso A, P Castro-Díez. 2015. Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas. *Ecosistemas* 24(1): 1-3. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-1.01>
- Butt T, C Jackson, N Magan. 2001. Fungi as Biocontrol Agent: Progress, Problems and Potential. Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido. CAB. 391 p.
- Brooks R, K Wickert, A Baudoin, M Kasson, S Salom. 2020. Field-inoculated *Ailanthus altissima* stands reveal the biological control potencial of *Verticillium nonalfalfae* in the mind-Atlantic región of the United States. *Biological Control* 148: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104298>
- Capdevila-Argüelles L, B Zilletti, V Suárez. 2013. Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras. *Real Sociedad Española de Historia Natural* 2(10): 55-75.
- Carranza J, J Di Stéfano-G, W Martin-M, M Mata-H. 2019. Descomposición de la madera de roble (*Quercus* sp.) *in vivo in vitro*. *Polibotánica* 47: 59-76. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.5>
- Cortez E, I López. 2014. El control biológico en el manejo integrado de plagas. Memoria XXV, Curso Nacional de Control Biológico, Mérida, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 9 p. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269172040\\_El\\_control\\_Biologico\\_en\\_el\\_Manejo\\_integrado\\_de\\_plagas](https://www.researchgate.net/publication/269172040_El_control_Biologico_en_el_Manejo_integrado_de_plagas)
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2019. Plan de manejo, Reserva Nacional Nonguén. 182 p. Consultado 4 Ene. 2020. Disponible en [http://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1566920618CONAF2019\\_PlandemanajeoReservaNacionalNonguen\\_Extenso.pdf](http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1566920618CONAF2019_PlandemanajeoReservaNacionalNonguen_Extenso.pdf).
- Encinas O, N Mora. 2003. Patrones de degradación de las maderas de Pino del caribe, Curarire y Drago por *Gloeophyllum trabeum*, *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineu*. *Revista Forestal Venezolana* 47(1): 57-65.
- Fallas L. 2015. Durabilidad de madera termotratada de *Gmelina arborea* (Roxb. ex Sm) y *Tectona grandis* (L.f.) en Costa Rica. Tesis Ingeniero Forestal. Cartago, Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Tecnológico de Costa Rica. 37 p.
- Findlay W. 1962. The preservation of timber. London, Inglaterra. Adam y Charles Black. 162 p
- Fuentes N, P Sánchez, A Pauchard, J Urrutia, L Cavieres, A Marticorena. 2014. Plantas Invasoras del Centro Sur de Chile: Una Guía de Campo. Concepción, Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB). 280 p.

- French E, T Hebert. 1980. Métodos de investigación fitopatológica. San José. Costa Rica. IICA. 289 p.
- Guédez C, C Castillo, L Cañizales, R Olivar. 2008. Control biológico: una herramienta para desarrollo sustentable y sostenible. *Academia* 7(13): 50-74. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/236852483-Control\\_Biologico\\_Una\\_herramienta\\_para\\_el\\_desarrollo\\_sustentable\\_y\\_sostenible](https://www.researchgate.net/publication/236852483-Control_Biologico_Una_herramienta_para_el_desarrollo_sustentable_y_sostenible)
- Hamberg L, T Saksa, J Hantula. 2020. Role and function of *Chondrostereum purpureum* in biocontrol of tres. *Applied Microbiology and Biotechnology* 105: 431-440. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-020-11053-5>
- INN (Instituto Nacional de Normalización, CL). 1984. Norma Chilena Oficial 176/1.Of84. Madera – Parte 1: Determinación de Humedad. 10 p.
- Loewe V, M Toral, M Camelio, C López, E Urquieta, GT – Aromo. 1997. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. INFOR (Instituto Forestal, CL). 100 p.
- León O, Vargas O, Díaz A. 2009. Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 305 p.
- Mack RN, Chair, D Simberloff, MW Londslade, H Evans, M Clout, F Bazzaz. 2000. Invasiones Biológicas: Causas, Epidemiología, Consecuencias globales y Control. *Tópicos en Ecología* 5: 1-22.
- Montero AJ, AD Shaad, M Murillo, R Santiago. 2017. Avances en las técnicas de atenuación de la capacidad de rebrote en *Alianthus altissima* y *Acacia dealbata* mediante el uso de hongos saprófitos. 7° Congreso Forestal Español, 26-30 de junio. Plasencia, España. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 12 p.
- Nouri MT, DP Lawrence, LA Holland, DA Doll, CE Kallsen, CM Culumber, FP Trouillas. 2019. Identification and Pathogenicity of Fungal Species Associated with Canker Diseases of Pistachio in California. *Plant Disease* 103(9): 2397-2411. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-18-1717-RE>
- Norton D. 2009. Species Invasions and the Limits to Restoration: Learning from the New Zealand Experience. *Science* 325(5940): 569–571. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1172978>
- Ramírez J, J Schlatter. 1998. Análisis de variables de sitio para estimar el establecimiento en Chile de *Acacia melanoxylon* R. Br. *Bosque* 19(2): 37-51. DOI: <https://doi.org/10.4206/bosque.1998.v19n2-05>
- Rodríguez J, Y Lechuga-Lago, A Guisande-Collazo, P Lorenzo, L González. 2019. ¿Podemos implementar métodos eficaces para controlar la invasora *Acacia melanoxylon*?. XVII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, 8-10 de octubre. Vigo, España. p. 402-407.
- Schmidt O. 2006. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection and Use. Hamburg, Germany. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 336 p.
- Snieskienė V, V Juronis. 2001. Distribution of the fungus *Schizophyllum commune* Fr. In plantings of tres in the Kaunas city. *Biologija* 1(3): 45-47.
- Takemoto S, H Nakamura, Erwin, Y Imamura, T Shimane. 2010. *Schizophyllum commune* as a ubiquitous parasite. *JIRCAS (Japan International Research Center for Agricultural Sciences)* 44(4): 357-364. DOI: <https://doi.org/10.6090/jarq.44.357>
- Tapia J. 2010. Durabilidad natural de *Eucalyptus nitens* frente al ataque de hongos xilófagos. Tesis Ingeniero en Maderas. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile. 43 p.
- Zaid L. 2004. Estudio del biodeterioro en madera de *Eucalyptus globulus* Lab. por método Gravimétrico. Tesis Ingeniero de la Madera. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 65 p.
- Zhu N, J Liu, J Yang, Y Lin, Y Yang, L Ji, M Li, H Yuan. 2016. Comparative análisis of the secretomes of *Schizophyllum commune* and other Wood-decay basidiomycetes during solid-fermentation reveals its unique lignocellulose-degrading enzyme system. *Bioechnology for Biofuels* 9(42): 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0461-x>

Recibido: 17.10.21

Aceptado: 13.12.22

