





Artículo científico

Inventario de hongos xilófagos y su impacto en la degradación estructural de la madera en bosques de Eucalipto, Aliso y Pino del Centro Poblado de Viñas, Tayacaja-Huancavelica-2024

Inventory of wood-eating fungi and their impact on structural wood degradation in eucalyptus, alder, and pine forests in the Viñas Population Center, Tayacaja-Huancavelica, 2024

-  **Elyane Estefany Belito Huamani**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Susan Karina Montes Bujaico**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Misael Montes Bujaico**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Deyvid Cruz Ventura**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
-  **Fredy Quintana Uscamayta**
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Aceptado: Junio de 2024

Recibido: Marzo de 2024

Enero - Junio

Vol. 3 Núm. 1 – 2024

<https://doi.org/10.56275/fitovida.v3i1.36>

RESUMEN

El estudio investigó hongos xilófagos en madera de Eucalipto, Aliso y Pino en Viñas, Tayacaja, Huancavelica, evaluando su impacto en la degradación estructural. Se identificaron diez especies de hongos mediante métodos macroscópicos y microscópicos, destacando *Trametes cinnabarina*, *Stereum hirsutum* y *Ganoderma applanatum*, asociados a procesos de pudrición blanca y marrón. Estas especies afectan significativamente la lignina y celulosa, componentes clave de la madera, disminuyendo su resistencia mecánica. El inventariado y análisis microscópico permitieron identificar la estructura y sistema de hifas de los hongos, mientras que la tinción con safranina resaltó diferencias en tejidos. El *Ganoderma applanatum* mostró el mayor impacto en las tres especies forestales, mientras que el *Coniophora puteana* y el *Heterobasidion annosum* afectaron principalmente al pino. *Trametes cinnabarina* y *Stereum hirsutum* atacaron al Eucalipto y Aliso, destacando su vulnerabilidad, por otro lado, especies como *Ceratiomyxa fruticulosa* y *Usnea* no presentaron actividad degradadora. Los resultados resaltan la relación entre la composición lignocelulósica de las maderas y la capacidad degradadora de los hongos, influenciada por factores como humedad y temperatura, esto subraya la importancia de manejar estos factores para mitigar daños en los ecosistemas forestales y preservar la calidad de la madera, crucial en aplicaciones industriales y de construcción.

Palabras clave: Inventario, Hongos xilófagos, Pudrición blanca, Madera.

ABSTRACT

The study investigated xylophagous fungi in eucalyptus, alder, and pine wood in Viñas, Tayacaja, and Huancavelica, evaluating their impact on structural degradation. Ten fungal species were identified using macroscopic and microscopic methods, with *Trametes cinnabarina*, *Stereum hirsutum*, and *Ganoderma applanatum* being the most prominent species associated with white and brown rot. These species significantly affect lignin and cellulose, key components of wood, decreasing its mechanical strength. Inventory and microscopic analysis identified the structure and hyphal system of the fungi, while safranin staining highlighted differences in tissues. *Ganoderma applanatum* showed the greatest impact on the three forest species, while *Coniophora puteana* and *Heterobasidion annosum* primarily affected pine. *Trametes cinnabarina* and *Stereum hirsutum* attacked Eucalyptus and Alder, highlighting their vulnerability. However, species such as *Ceratiomyxa fruticulosa* and *Usnea* did not show degrading activity. The results highlight the relationship between the lignocellulosic composition of wood and the degrading capacity of fungi, influenced by factors such as humidity and temperature. This underscores the importance of managing these factors to mitigate damage to forest ecosystems and preserve wood quality, which is crucial in industrial and construction applications.

Keywords: Inventory, Wood-boring fungi, White rot, Wood.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los recursos forestales constituye uno de los principales desafíos en la conservación y manejo sostenible de ecosistemas boscosos (Baldrian, 2018). En este contexto, los hongos xilófagos representan un componente crítico en los procesos de descomposición y transformación de la madera, ejerciendo un impacto significativo en la estructura y dinámica de los bosques (Watkinson et al., 2017).

Los hongos xilófagos, organismos especializados en la descomposición de tejido leñoso, juegan un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos forestales (Sánchez, 2016). Mediante complejos sistemas enzimáticos, estas especies fúngicas descomponen la lignina, celulosa y hemicelulosa, transformando estructuralmente la madera y modificando las propiedades físico-mecánicas de los árboles (Schmidt et al., 2015). Esta investigación se centra en un inventario detallado de diez especies fúngicas representativas, que incluyen desde hongos de podredumbre blanca como *Trametes cinnabarina* y *Stereum hirsutum*, hasta especies como *Ganoderma*

applanatum y *Heterobasidion annosum*, conocidas por su capacidad de colonización y degradación radical (Núñez, 2017).

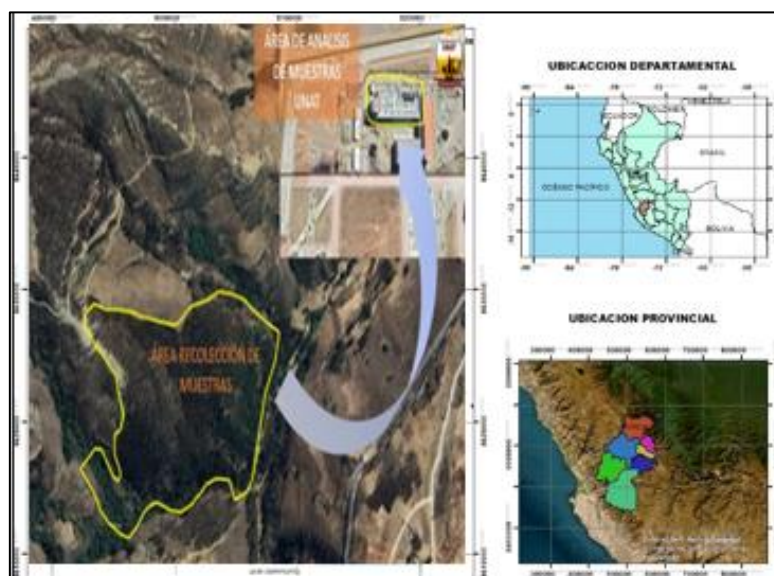
MÉTODO

Área de estudio

La recolección de muestras se realizó en el Centro Poblado de Viñas, ubicado en la provincia de Tayacaja, región de Huancavelica, (coordenadas geográficas: 12°35'S, 74°50'O), a una altitud de 3,200 m.s.n.m. La zona presenta un ecosistema de bosque andino con predominio de especies forestales de Eucalipto (*Eucalyptus sp.*), Aliso (*Alnus sp.*) y Pino (*Pinus sp.*). El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la UNAT.

Figura 1

Área de recolección y análisis.



Nota: La imagen muestra área donde se recolecto los hongos además de lugar de análisis. (Fuente GOOGLE EARTH).

Recolección y transporte de muestras

Se realizó un muestreo probabilístico que consistió en la selección aleatoria en un área total de 1.5 hectáreas, luego con una pinza de manipulación se procedió a envolver en papel aluminio para luego colocar en una bolsa hermética estéril, luego se procedió a codificar (fecha, coordenadas y especie forestal) por último de con mucho cuidado se colocó todas las muestras en un cooler para ser transportado al laboratorio.

Identificación micótica

Se realizaron en dos etapas donde la primera consistió de forma macroscópica donde se observaron las características (Forma del cuerpo fructífero, Color, Textura superficial)

Patrón de crecimiento, Tipo de píleo, estructura de las laminillas o poros, presencia de anillo o volva, características del pie o estípite y especie forestal de inserción) la segunda etapa consistió en la identificación microscópica donde se

procedió a realizar cortes muy finos con hoja de precisión, luego se hizo la tinción con safranina, luego un montaje en portaobjetos para la observación donde se observaron la estructura de hifas, tipo de esporas, forma de los basidios y el sistema de hifas de los 10 tipos de hongos recolectados.

Tinción de muestras de madera




Para realizar la tinción de cortes anatómicos tanto de la especie maderable afectada y los hongos se realiza un corte muy fino luego aplica 5 gotas de safranina en una placa Petri, asegurando que cubra toda la superficie. Este tinte permite diferenciar los tipos de tejidos en la madera, se deja reposar 10 minutos, Luego, se lava la muestra con agua destilada y alcohol en diferentes concentraciones (50%, 75% y 96%), durante 5 minutos cada una, para eliminar el exceso de tinte. Los residuos del lavado se recogen en una porta objetos para su respectivo análisis.

RESULTADOS

Tabla 1

Inventario de hongos encontrados en las especies forestales de Eucalipto, Aliso y Pino

Especie	Taxonómica	Descripción	IMAGEN- COORDENAS
<i>Trametes cinnabarina</i> (Trametes roja)	<p>Reino Fungí División Basidiomycota Clase Agaricomycetes Orden Polyporales Familia Polyporaceae Género Trametes Especie <i>T. cinnabarina</i></p>	<p><i>Trametes cinnabarina</i> es un hongo xilófago conocido por degradar la madera mediante la descomposición de sustancias leñosas en los ecosistemas forestales, es fácilmente identificable por sus cuerpos fructíferos de color rojo intenso y su envés poroso, la podredumbre blanca inducida por este hongo es uno de esos modos de biodegradación mediante el cual se descompone principalmente la lignina, el principal polímero estructural que constituye la pared celular de la planta y proporciona resistencia mecánica, física y rigidez. <i>T. cinnabarina</i>, después de la destrucción de la lignina, deja una matriz de celulosa expuesta que es propensa a la fragmentación, lo que compromete la estructura de la madera, este proceso es muy común en las especies de madera dura como el aliso y el eucalipto, que son muy vulnerables en el ámbito de este trabajo.</p>	<p>514836.2 L 8628848.08N</p> 
<i>Stereum hirsutum</i> (Hongo de corteza dura)	<p>Reino Fungí División Basidiomycota Clase Agaricomycetes Orden Russulales Familia Stereaceae Género Estéreo Especie <i>S. hirsutum</i></p>	<p><i>Stereum hirsutum</i> es un hongo basidiomiceto saprófito que ataca principalmente maderas de frondosas y, en menor medida, coníferas, sus cuerpos fructíferos son de color amarillo a marrón anaranjado y coriáceos, con un envés liso. Se sabe que causa podredumbre blanca ya que degrada preferentemente la lignina, dejando relativamente indemnes la celulosa y la hemicelulosa, lo que conduce a una pérdida significativa de la resistencia mecánica de la madera. En cuanto a las especies forestales, <i>S. hirsutum</i> prefiere el eucalipto y el aliso debido al alto contenido de lignina y la composición estructural que favorece la acción de las enzimas ligninolíticas del hongo.</p>	<p>514819.00 L 8628761.94 N</p> 

<p><i>Ganoderma applanatum</i> (Yesquero liso)</p>	<p>Reino: Fungí División Basidiomycota Clase Agaricomycetes Orden Polyporales Familia Ganodermataceae Género Ganoderma Especie G. applanatum</p>	<p><i>Ganoderma applanatum</i> es un hongo basidiomiceto ampliamente distribuido en los ecosistemas forestales y conocido por causar pudrición blanca, un proceso de degradación selectiva que afecta principalmente la lignina, un polímero estructural esencial en la madera, este hongo produce cuerpos fructíferos perennes, con la superficie superior dura y de color marrón oscuro, mientras que la superficie inferior, blanca y porosa, se oscurece hasta llegar al marrón con la exposición. Se considera que la degradación de la lignina hace que la madera sea menos rígida y fuerte, rompiendo su integridad. En el caso del eucalipto y el aliso, el efecto de <i>Ganoderma applanatum</i> es relativamente alto. Son especies con un alto contenido de lignina en su estructura lignocelulósica, lo que facilita la acción de las enzimas ligninolíticas del hongo, la infección promueve una pérdida marcadamente acelerada de la resistencia estructural del eucalipto y un cambio que conlleva una pérdida gradual de la integridad mecánica y la funcionalidad del aliso.</p>	<p>514816.33L 8628758.73N</p>	
<p><i>Daedalea quercina</i> (Hongo laberinto)</p>	<p>Reino Fungí División Basidiomycota Clase Agaricomycetes Orden Polyporales Familia Fomitopsidaceae Género Daedalea Especie D. quercina</p>	<p><i>Daedalea quercina</i>, comúnmente conocido como hongo laberinto, es un basidiomiceto que provoca la pudrición parda de la madera., se puede identificar por un cuerpo fructífero que desarrolla un laberinto aparente con un patrón intrincado en la superficie, que es de color marrón a grisáceo, y tiene una parte inferior porosa con tubos de color marrón oscuro cuando madura. Los hongos de podredumbre parda <i>Daedalea quercina</i> actúan sobre la celulosa de la madera, mientras que la lignina también se ve afectada en menor medida, pero lo más importante es que permanece casi inalterada. A partir de dicho análisis, las fibras de celulosa se desintegran en una masa de material que se rompe fácilmente y en pequeños trozos. La madera cambia de color a marrón y se vuelve muy quebradiza. Pierde gran parte de sus propiedades mecánicas y su resistencia (Soto).</p>	<p>514808.23L 8628759.36N</p>	
<p><i>Steccherinum ochraceum</i> (Hongo ocre)</p>	<p>Reino Fungí División Basidiomycota Clase Agaricomycetes Orden Polyporales Familia Steccherinaceae Género Steccherinum Especie <i>Steccherinum ochraceum</i></p>	<p><i>Steccherinum ochraceum</i> es un hongo basidiomiceto perteneciente al grupo de los descompositores, conocidos por su capacidad para descomponer la madera, este hongo juega un papel crucial en el ciclo de análisis de la madera, aunque su acción patógena varía según la especie de madera en cuestión. <i>Steccherinum ochraceum</i> tiene preferencia por maderas más blandas y menos resistentes en interacción con especies como el eucalipto o el aliso. Entre las maderas de coníferas, la madera de eucalipto y aliso puede ser descompuesta por este hongo. Sin embargo, su ataque no es muy frecuente.</p>	<p>514804.67 L 8628755.62N</p>	
<p><i>Coniophora puteana</i> (Hongo del sótano)</p>	<p>Reino Fungí División Basidiomycota</p>	<p><i>Coniophora puteana</i> es un hongo basidiomiceto conocido por su capacidad para descomponer maderas duras y blandas, siendo uno de los principales agentes de la</p>		

Clase
Agaricomycetes
Orden
Boletales
Familia
Coniophoraceae
Género Coniophora
Especie *Coniophora puteana*

putrición marrón en maderas en desarrollo. Este hongo es de especial interés en la industria maderera debido a su capacidad para afectar maderas estructurales, particularmente en condiciones de alta humedad.

Coniophora puteana tiende a tener una afinidad particular por el pino, ya que contiene alto contenido de resinas en este tipo de conífera puede ser muy vulnerable al efecto, principalmente cuando las condiciones de humedad son favorables, el hongo actúa sobre la celulosa y hemicelulosa de la madera de pino; el residuo que queda es frágil y menos robusto de lo que se supone que es la madera real, este hongo puede sobrevivir y crecer en bosques de pino ya que las defensas naturales de los pinos son principalmente contra los hongos descomponedores en superficies excesivamente saturadas de agua, o en madera previamente afectada por otros tipos de hongos descomponedores.

514804.40 L 8628751.33N



Reino
Fungi
División
Basidiomycota
Clase
Agaricomycetes
Orden
Polyporales
Familia Meripilaceae
Género
Grifola
Especie
Grifola frondosa

Grifola frondosa
(Maitake)

Grifola frondosa es un hongo basidiomiceto conocido popularmente como "maitake" y ampliamente valorado por su uso medicinal y gastronómico. Este hongo es principalmente un descomponedor de madera, su actividad está asociada con árboles de hoja caduca, particularmente el aliso. *Grifola frondosa* es un hongo de pudrición blanca que se descompone con gran facilidad la lignina de la madera y con lo que deja una textura fibrosa y blanquecina después de su desintegración. Este hongo suele crecer en la base de los árboles vivos o en los troncos en estudio, dando lugar a grandes cuerpos fructíferos que pueden llegar a ser muy grandes. Su existencia se relaciona con los árboles de hoja caduca y no coníferas debido a la composición química y estructura de la madera, mucho más favorable a su crecimiento.

514802.10L 8628750.72N



Ceratiomyxa fruticulosa
(Moho coralino)

Reino
Amoebozoa
División:
Mixogástrica
Clase
Mixomicetos
Orden
Liceales
Familia:
Ceratiomyxaceae
Género Ceratiomyxa
Especie *Ceratiomyxa fruticulosa*

Ceratiomyxa fruticulosa es un moho mucilaginoso perteneciente al grupo de los mixomicetos, este organismo no es un hongo sino un protista que se desarrolla en ambientes húmedos y se asocia principalmente con la división de materia orgánica, como madera, su presencia es indicativa de condiciones de alta humedad y de madera en etapas avanzadas de procesamiento. *Ceratiomyxa fruticulosa* no ataca directamente la madera y tampoco es un patógeno específico de una especie forestal. No se encuentra adecuadamente en musarañas, pinos, eucaliptos o alisos. En esta situación el reciclaje de nutrientes significativos es su papel en el ecosistema, forma estructuras visibles en forma de pequeños racimos o proyecciones translúcidas, generalmente blancas o

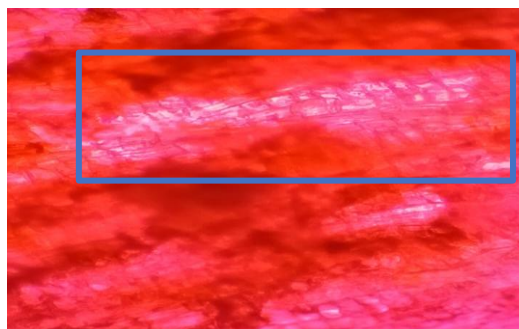
514801.15L 8628745.90N



		amarillentas, que se desarrollan en la superficie de la madera muerta.	
		<i>Usnea</i> es un género de líquenes ampliamente distribuido, conocido también como "barba de viejo". Los líquenes son asociaciones simbióticas entre un hongo (generalmente un ascomiceto) y un alga o cianobacteria esto por su apariencia colgante. <i>Usnea</i> no es un patógeno ni un organismo descomponedor de madera, sino un epífito que se desarrolla sobre la corteza de árboles vivos o sobre madera muerta, sin causar daño directo a las especies que coloniza. En el contexto del estudio en las especies forestales como pino, eucalipto y aliso, la <i>usnea</i> se puede encontrar en desarrollo sobre estas; generalmente, en lugares con altos niveles de humedad y buena calidad del aire, puesto que los líquenes son altamente sensibles a la contaminación. A pesar de encontrarse en cualquier especie forestal indicada, su presencia en ella no significa estar siendo atacada o deteriorada, de hecho, su presencia es indicadora de ecosistemas saludables.	514826.80L 8628841.94N 
<i>Usnea</i> (Barba de Viejo)	Reino Fungí División Ascomycota Clase Lecanoromicetos Orden Lecanorales Familia Parmeliaceae Género <i>Usnea</i>		
		<i>Heterobasidion annosum</i> es un hongo basidiomiceto considerado uno de los patógenos más importantes en los bosques de coníferas, particularmente en el hemisferio norte, es el agente causal de la pudrición radicular, afecta tanto a los sistemas radiculares como a la base del tronco de los árboles, lo que provoca debilitamiento estructural y, eventualmente, la muerte del árbol. Este hongo tiene una alta afinidad por las coníferas, como el pino, debido a la estructura de la madera y su composición química. En el pino, <i>Heterobasidion annosum</i> puede causar un daño significativo al invadir las raíces a través de heridas o tocones expuestos, estableciendo micelio que se propaga hacia el tronco, este ataque reduce la estabilidad del árbol y afecta la calidad de la madera al causar una pudrición blanca que descompone la lignina y la celulosa, dejando una textura fibrosa y debilitada.	514821.60L 8628821.23N 
<i>Heterobasidion annosum</i> (Hongo de la raíz)	Reino Fungí División Basidiomycota Clase Agaricomycetes Orden Russulales Familia Bondarzewiaceae Género Heterobasidion Especie <i>Heterobasidion annosum</i>		

Figura 3

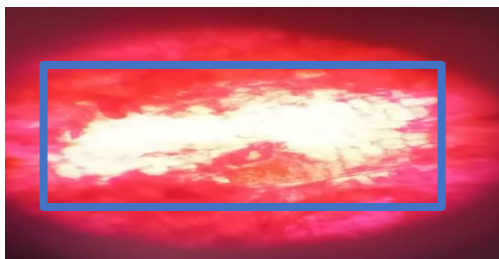
Análisis Microscópico de la Degradación de Madera por Trametes cinnabarina.



Nota: La imagen muestra patrones de degradación característicos causados por el hongo xilófago *Trametes cinnabarina*, se observa una degradación estructural que deja la madera más frágil y fibrosa. Las líneas o manchas podrían indicar la fluorescencia de la lignina degradada o de compuestos generados durante el ataque del hongo.

Figura 4

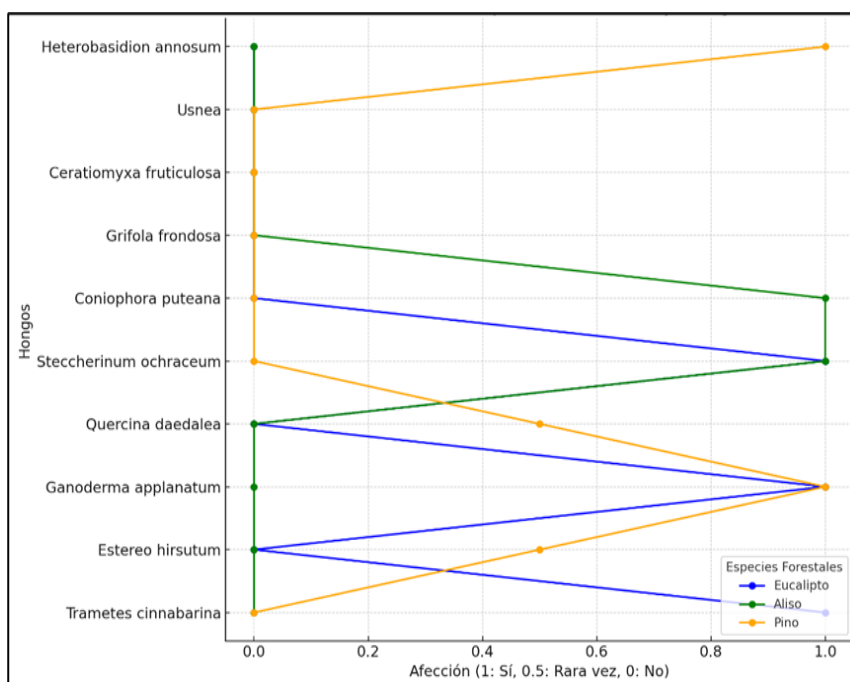
Degradación de Madera de Eucalipto por *Ganoderma applanatum*.



Nota: La imagen muestra los patrones de degradación causados por el hongo *Ganoderma applanatum* (Yesquero liso) en la madera de eucalipto, la madera de eucalipto presenta una degradación estructural que la vuelve más frágil.

Figura 4

Índice de afección de los hongos en las especies forestales de *Eucalipto*, *Aliso* y *Pino*.



Nota: Este gráfico de líneas muestra la relación entre los hongos (en el eje vertical) y su afección a las especies forestales (eucalipto, aliso y pino), los niveles de afección se representan como: 1 para Sí, 0.5 para Rara vez y 0 para No.

Tabla 2

Afección de los hongos en las especies forestales de Eucalipto, Aliso y Pino.

Hongo	Eucalipto	Aliso	Pino
<i>Trametes cinnabarina</i>	Si	Si	No
<i>Estereo hirsutum</i>	No	Si	Rara vez
<i>Ganoderma applanatum</i>	Si	Si	Si
<i>Quercina daedalea</i>	No	Si	Rara vez
<i>Steccherinum ochraceum</i>	Si	Si	No
<i>Coniophora puteana</i>	No	No	Si
<i>Grifola frondosa</i>	No	Si	No
<i>Ceratiomyxa fruticulosa</i>	No	No	No
<i>Usnea</i>	No	No	No
<i>Heterobasidio annosum</i>	No	No	Si

Nota: La tabla presenta un resumen de las especies de hongos que afectan a diferentes especies forestales, específicamente eucalipto, aliso y pino. Se resalta que las especies *Ceratiomyxa fruticulosa* y *Usnea* no muestran ningún tipo de afección en las especies forestales evaluadas.

DISCUSIÓN

La degradación de la madera en los ecosistemas forestales representa un proceso natural indispensable para garantizar la sostenibilidad y funcionalidad de estos hábitats. En este contexto, los hongos xilófagos emergen como actores fundamentales al intervenir en la descomposición de lignina y celulosa, dos componentes estructurales esenciales de la madera. Como señala Sánchez (2016), la actividad de estos organismos resulta crucial para el reciclaje de nutrientes, un proceso que sustenta la biodiversidad y mantiene la productividad de los ecosistemas. Este aspecto subraya la relevancia de comprender su dinámica para una gestión forestal sostenible.

El estudio realizado en el Centro Poblado de Viñas pone de manifiesto la diversidad de hongos xilófagos que afectan a especies maderables como Eucalipto, Aliso y Pino. Entre las especies identificadas destacan *Trametes cinnabarina* y *Ganoderma applanatum*, asociadas a procesos de pudrición blanca y marrón, respectivamente. Este hallazgo no solo enriquece el conocimiento sobre la ecología de estos organismos, sino que también plantea interrogantes sobre las implicancias de su interacción con las maderas en distintos contextos. Según Gonzale (2002), *Trametes cinnabarina* tiene la capacidad de degradar lignina, dejando expuesta la celulosa, lo que debilita notablemente la estructura de la madera y compromete su resistencia mecánica. Por su parte, *Ganoderma applanatum* produce una degradación más profunda al afectar tanto la lignina como la celulosa, lo que genera pérdidas estructurales significativas, como destaca Parra (2017). Este fenómeno resulta particularmente preocupante en el caso del Eucalipto, una especie ampliamente utilizada, pero cuya resistencia natural frente a estos hongos es limitada.

Una dimensión crítica del comportamiento de los hongos xilófagos es su dependencia de las condiciones ambientales y de las propiedades intrínsecas de las especies maderables. Factores como la humedad y la temperatura, mencionados por Ferreyra (2011), actúan como catalizadores para el crecimiento de estos organismos. Este vínculo entre las condiciones del entorno y la proliferación de hongos no solo afecta la calidad de la madera, sino que también constituye un indicador de la salud del ecosistema, abriendo nuevas líneas de investigación sobre cómo estas interacciones pueden influir en la dinámica forestal. Así, la gestión de estos factores se presenta como un componente estratégico en las prácticas de manejo forestal sostenible, que busca minimizar el riesgo de degradación y preservar los servicios ecosistémicos.

Además de las implicaciones ecológicas, los hongos xilófagos tienen un impacto significativo en el ámbito económico, particularmente en industrias como la construcción y la fabricación de muebles. La degradación de la madera puede traducirse en pérdidas económicas considerables debido a la reducción de su resistencia y durabilidad. Rojas (2014) subraya que la resistencia de la madera a la pudrición es un criterio decisivo para la selección de especies en aplicaciones industriales, lo que resalta la importancia de integrar conocimientos científicos en la toma de decisiones

empresariales y en la implementación de estrategias de conservación.

CONCLUSIÓN

El estudio identificó diez especies de hongos xilófagos que afectan la madera de Eucalipto, Aliso y Pino en Viñas, Tayacaja. *Ganoderma applanatum* destacó por su capacidad de degradación en todas las especies forestales, mientras que *Trametes cinnabarina* y *Stereum hirsutum* afectaron principalmente al Eucalipto y Aliso, y *Heterobasidion annosum* al Pino. Por otro lado, *Ceratiomyxa fruticulosa* y *Usnea* no mostraron actividad degradadora.

Estos resultados evidencian la relación entre la descomposición de la madera y la proliferación de hongos, influenciada por factores ambientales como la humedad. Este conocimiento es clave para diseñar estrategias de manejo forestal que minimicen la degradación estructural y preserven la calidad de la madera y la funcionalidad de los ecosistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amézqueta, C., Pérez, A., & Torres, P. (2014). Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. *Revista EIA: Escuela de Ingeniería Antioquia*, (21). <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2014.11.21.159>
- Cusihuamán, A., Díaz, N., & Tovar, M. (2023). *Gestión de la calidad del agua de consumo humano del distrito de Chiguata y su impacto en la salud de la población durante el año 2023*. *FitoVida*, 2(2). <https://doi.org/10.56275/fitovida.v2i2.31>
- Chávez, E., Huamaní, L., Yauri, Y., & Ataucusi, R. (2022). *Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la ciudad de Huancavelica*. *Revista de Investigación Científica Siglo XXI*, 2(2), 16-25. <https://doi.org/10.54943/rscsxxi.v2i2.191>
- Dueñas, C., & Hinojosa, L. (2021). *La Calidad de Agua Potable y su Influencia en la Salud*. *Gnosis Wisdom*, 1(3). <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>
- Elías, J., Avalos, C., & Medrano, J. (2020). *Calidad bacteriológica del agua para consumo humano y enfermedad diarreica aguda en el Distrito de Rázuri, Provincia de Ascope, La Libertad - Perú*. *PURIQ*, 2(1). <https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.69>
- Estupiñán, S., Ávila, S., Barrera, D., Baquero, R., Díaz, D., & Rodríguez, A. (2020). *Características bacteriológicas, físicas y pH del agua de consumo humano del municipio de Une-Cundinamarca*. *Nova*, 18(33). <https://doi.org/10.22490/24629448.370>
- Gómez, F., Martínez, L., & Díaz, S. (2020). *Regulación de la calidad del agua potable en el Perú: Rol de las instituciones gubernamentales*. *Boletín de Regulación Ambiental*, 12(4), 98-115.
- Gonzales, W., Acharte, L., Poma, J., Sánchez, V., Quispe, F., & Meseguer, R. (2023). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1). <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- Mariño, B., Cavero, J., & Cajavilca, W. (2025). *Políticas públicas sobre la calidad del agua: una revisión sistemática*. *Revista Invecom Comunicación de la Ciencia*, 5(3). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14502130>
- Morales, E., Reyes, L., Barrantes, K., & Chacón, L. (2022). Temporal and spatial assessment of the surface water microbiology quality: A case in a human consumption water supply system in Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 56 (1). 120-137. <https://doi.org/10.15359/rca.56/1.6>
- Ramos, A. (2024). *Effects of drinking contaminated water on people's quality of life*. *Efeitos do consumo de água contaminada na qualidade de vida das pessoas*. *Polo del Conocimiento*, 9(1). <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396>
- Ramos, Y., & Pinilla, M. (2020). *Calidad de agua de consumo humano en sistemas de abastecimiento rurales en Boyacá, Colombia. Un análisis infraestructural*. *Revista EIA*, 17 (34). <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1378>
- Rivera, J. (2020). *Normativas nacionales e internacionales para la calidad del agua potable en establecimientos de salud*. *Publicaciones en Salud y Ambiente*, 7(1), 33-50.
- Romero, D. (2024). *Evaluación de la calidad del agua potable de grifo y envasada en la ciudad de Pilar: análisis comparativo de parámetros físicos, químicos y microbiológicos según normativas nacionales*. *Revista Científica Multidisciplinaria Jetypeka*, 4(2). Recuperado de <https://www.revistajetypeka.edu.py/index.php/revistas/article/view/94>
- Salas, J., Maraver, F., Rodriguez, L., Sáenz, M., Vitoria, I. & Moreno, L. (2021). *Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual*. *Revista ARAN Nutrición Hospitalaria*. 37(5). <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03160>
- Torres, S., Tapia, I., Goetschel, L., & Pazmiño, E. (2020). *Análisis físico-químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito*. *Enfoque UTE*, 11(4), 57-70. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n4.533>