

Artículo científico

Amenaza Verde: Cómo *Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funne* Afecta la Madera de *Persea americana*, Ahuaycha – Tayacaja, 2024

Green Threat: How *Chlorociboria aeruginosa* and *Captivating Cluster Funne* Affect *Persea americana* Wood, Ahuaycha – Tayacaja, 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.v3i1.37>

RESUMEN

La madera es un recurso natural esencial, pero su durabilidad se ve amenazada por hongos xilófagos como *Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funnel*. Este estudio tiene como objetivo analizar estructuralmente la madera de *Persea americana* (palta) afectada por estos hongos, evaluando sus efectos en las propiedades físicas y mecánicas. La investigación se llevó a cabo en Ahuaycha, Huancavelica, en el laboratorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja. Se recolectaron muestras de madera afectada, que fueron sometidas a un proceso de corte, tinción y análisis microscópico. Los resultados indican que *Captivating Cluster Funnel* causa un deterioro severo, manifestándose en una coloración marrón oscura y una disminución significativa de la resistencia estructural. En contraste, *Chlorociboria aeruginosa* presenta un impacto moderado, con una coloración azul verdosa y un efecto más localizado en las capas superficiales de la madera. Las conclusiones subrayan la importancia de implementar estrategias de monitoreo y control para mitigar el daño causado por estos hongos, así como la necesidad de métodos avanzados de detección para preservar la calidad de la madera en diversas industrias.

Palabras clave: Madera, Hongos Xilófagos, *Persea americana*, Degradación.

ABSTRACT

Wood is an essential natural resource, but its durability is threatened by xylophagous fungi such as *Chlorociboria aeruginosa* and *Captivating Cluster Funnel*. This study aims to structurally analyze *Persea americana* (palto) wood affected by these fungi, evaluating their effects on physical and mechanical properties. The research was carried out in Ahuaycha, Huancavelica, in the General Studies laboratory of the National Autonomous University of Tayacaja. Samples of affected wood were collected, which were subjected to a process of cutting, staining and microscopic analysis. The results indicate that *Captivating Cluster Funnel* causes severe deterioration, manifesting in a dark brown coloration and a significant decrease in structural strength. In contrast, *Chlorociboria aeruginosa* presents a moderate impact, with a blue-green coloration and a more localized effect on the surface layers of the wood. The findings underline the importance of implementing monitoring and control strategies to mitigate the damage caused by these fungi, as well as the need for advanced detection methods to preserve wood quality in various industries.

Keywords: Wood, Wood-eating fungi, *Persea americana*, Degradation.

INTRODUCCIÓN

La madera es un recurso natural fundamental, valorado por su versatilidad y estética, con aplicaciones que van desde la construcción hasta la artesanía. Sin embargo, su durabilidad enfrenta serias amenazas, especialmente de agentes biológicos como los hongos xilófagos (Foglia, 2005). Estos organismos tienen la capacidad de degradar la madera al alterar sus propiedades físicas, químicas y estructurales, lo que plantea desafíos significativos para la industria maderera y la conservación del patrimonio forestal (Valencia, et al. 2022). La acción de los hongos xilófagos es compleja y específica, dependiendo del tipo de madera que colonizan (Gregorio, et al. 2020).

Por un lado, entre los hongos xilófagos más relevantes se encuentran *Chlorociboria aeruginosa* y por otro lado la *Captivating Cluster Funnel*. Aunque ambos afectan la madera, sus mecanismos de acción y efectos son notablemente diferentes. Gutiérrez (2016), expone que el hongo *Chlorociboria aeruginosa* es conocido por producir un pigmento verde azulado que penetra las fibras de la madera, generando una coloración distintiva que puede ser valorada en contextos artísticos pero considerada indeseable en aplicaciones más convencionales. En contraste, *Captivating Cluster Funnel* se asocia con la descomposición de componentes estructurales como la lignina y la celulosa, comprometiendo así la resistencia mecánica de la madera y acelerando su deterioro físico (Bejarano, et al. 2021). La madera de *Persea americana*, conocida como palto, representa un caso de estudio ideal para investigar cómo diferentes especies de hongos afectan el mismo tipo de material bajo diversas condiciones (Bautista, 2024). Este tipo de madera es apreciada tanto por su resistencia como por su estética, pero también es altamente susceptible a la colonización fúngica (Callaghan, et al. 2024). Esto la convierte en un modelo clave para evaluar los efectos específicos de cada hongo, permitiendo identificar patrones de biodeterioración y establecer diferencias significativas en los mecanismos y resultados de su acción (Olalde et al., 2020).

Este trabajo tiene como objetivo analizar los efectos individuales de *Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funnel* sobre la madera de *Persea americana*, explorando cómo cada hongo influye en las propiedades físicas y organolépticas de este recurso. A través de un enfoque comparativo y un análisis detallado, se espera contribuir al

entendimiento de los procesos de deterioro en maderas vulnerables. Además, este estudio busca aportar información valiosa al campo de la investigación maderera, respondiendo a la creciente necesidad de soluciones innovadoras y sostenibles frente a las amenazas que representan los hongos xilófagos. La importancia del tema radica no solo en preservar el valor estético y funcional de la madera, sino también en asegurar la sostenibilidad del uso de este recurso esencial en diversas industrias.

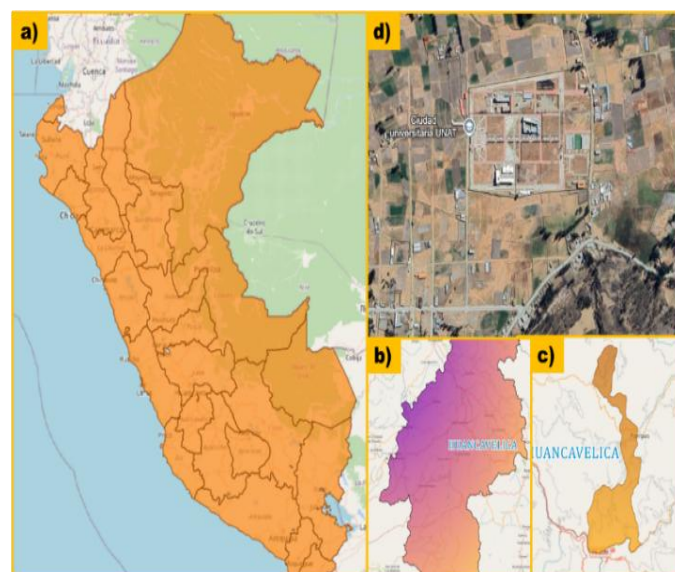
MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, ubicada a 12°24'27"S y 74°53'29"O a 3280 m.s.n.m. El análisis de muestras de la madera *Persea americana* afectada por los hongos (*Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funnel*), se realizó en el laboratorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo".

Figura 1

Plano de ubicación



Nota. a) Perú, b) Huancavelica, c) Ahuaycha, d) Laboratorio de estudios generales-UNAT. Fuente: Elaboración propia (2024), obtenida de QGIS.

Tipo de investigación

La presente investigación es básica, tiene por finalidad generar o producir nuevos conocimientos o ampliar y profundizar las teorías existentes, además, busca profundizar la información sobre un área o especialidad (Rivero et al., 2021). En nuestra investigación se centra en explorar y analizar las muestras de madera afecta por los hongos (*Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funnel*).

Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel explicativo, que van más allá de la descripción de situaciones y fenómenos, son estudios dirigidos a responder al por qué ocurren los problemas o fenómenos, cuáles son las causas que los ocasionan, las condiciones en que ocurren y la relación entre variables (Tamayo y Tamayo., 2003). En nuestra investigación se centra en examinar las interacciones entre el hongo y las propiedades físicas y mecánicas de la madera, para responder al porque y como el hongo causa impacto negativo en la madera.

Materiales de campo

- Muestras de madera afectada por el hongo

Materiales de laboratorio

- Placas Petri
- Pinzas
- Pipetas
- Portaobjetos
- Cubreobjetos

- Vasos de precipitación de 200 ml
- Bisturi

Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol de 96°, 1 litro
- Alcohol de 75% y 50%
- Zafrañina

Equipos

- Microscopio

Procedimiento

Asegurar de desinfectar todas las herramientas utilizadas antes y después del proceso para evitar contaminaciones cruzadas.

Cortes y tinción de muestras de madera

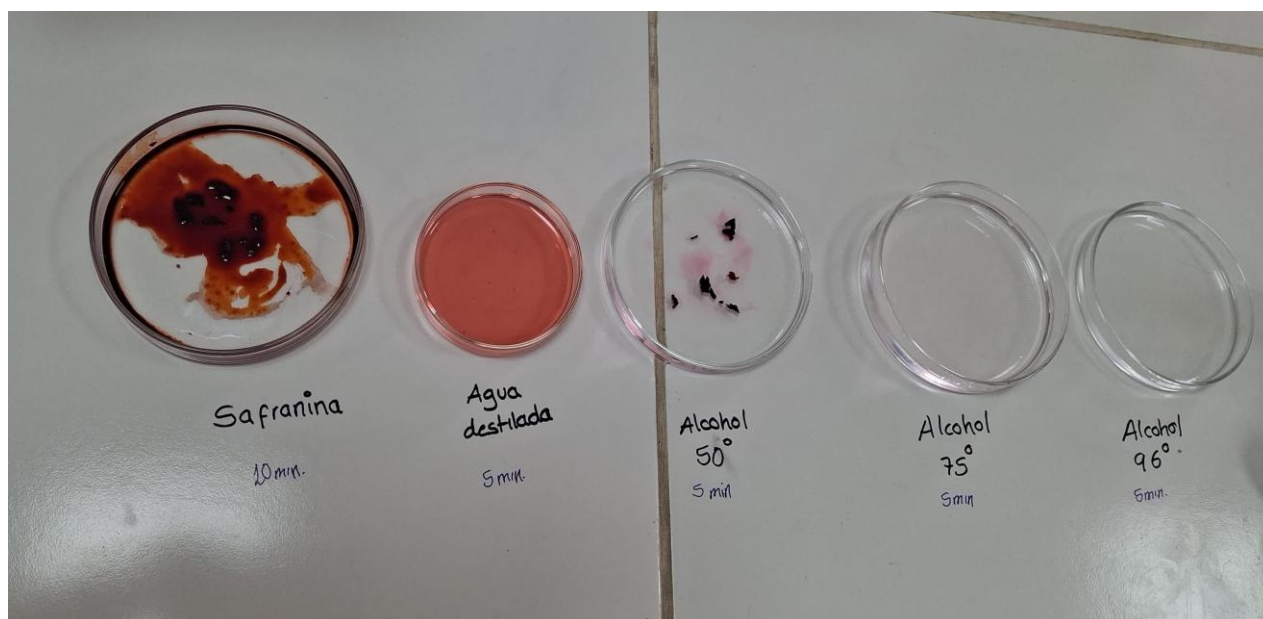
Utilizando un bisturí bien afilado, realiza cortes finos de la madera *Persea americana*. Asegúrate de que los cortes sean lo más delgados posible, para facilitar la observación microscópica.

Es importante que los cortes se realicen en áreas donde se evidencie la presencia de los hongos (*Captivating Cluster Funnel* y *Chlorociboria aeruginosa*), ya que esto permitirá estudiar su interacción con la madera.

Contar con la cantidad de pureza de alcohol de 50°, 75° y 96°, para seguir los siguientes procedimientos:

Figura 2

Procesos del reposo de la muestra en las soluciones



Nota: Elaboración Propia.

- El proceso comienza sumergiendo los cortes de la madera seleccionada en una solución de safranina durante 10 minutos.
- Después de este tiempo, las muestras se transfieren a una placa Petri con agua destilada, donde se dejan reposar durante 5 minutos.

- A continuación, se pasan a otras placas Petri con soluciones de alcohol al 50%, 75% y 96%, en ese orden, manteniéndose en cada solución durante 5 minutos.
- Todo el procedimiento mencionado, se completa en un total de 30 minutos.
- Una vez finalizado este proceso, las muestras se extraen de la última solución y se colocan cuidadosamente con ayuda de las pinzas en un portaobjetos y se debe cubrir las muestras con un cubreobjetos.
- Finalmente, estas preparaciones se llevan al microscopio para visualizar y diferenciar las estructuras celulares de las muestras. También, busca características específicas que puedan indicar como afecto a la madera la presencia de los hongos.

RESULTADOS

Tabla 1

Efectos de (Captivating Clúster Funnel) en la madera de (Persea americana)

Parámetro	Descripción	Observación sobre la madera afectada
Coloración de la madera	Cambios de color en la madera	Descoloración marrón oscura en áreas afectadas
Presencia de esporas	Observación de esporas visibles	Abundantes en áreas de mayor ataque
Fragilidad de la madera	Resistencia a la compresión	Disminución de la resistencia, mayor fragilidad
Áreas más afectadas	Localización en la muestra	Afectación en la zona central del tronco

Nota. Elaboración Propia.

La tabla 1 describe los efectos del hongo *Captivating Cluster Funnel* sobre la madera de *Persea americana*, evaluando cuatro parámetros clave: coloración, presencia de esporas, fragilidad y áreas afectadas. La madera afectada presenta una coloración marrón oscura, indicativa de una degradación avanzada, asociada al proceso de oxidación de compuestos lignocelulósicos. Además, se observa una alta concentración de esporas en las zonas más comprometidas, lo que sugiere un ciclo de reproducción activa que favorece la propagación del hongo en condiciones de humedad elevada. Este proceso

debilita la estructura lignina-celulosa, resultando en una pérdida significativa de resistencia que incrementa la fragilidad de la madera frente a esfuerzos mecánicos. La infección se localiza principalmente en la zona central del tronco, lo que evidencia la capacidad del hongo para invadir tejidos más densos y ricos en nutrientes, dejando las capas externas relativamente menos afectadas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un monitoreo constante y el diseño de tratamientos específicos para minimizar el impacto de este hongo en aplicaciones industriales y estructurales.

Tabla 2

Observaciones microscópicas de Captivating Cluster Funnel en la madera de Persea americana

Parámetro microscópico	Descripción	Observación microscópica
Estructura celular	Observación de las células de la madera	Las células del xilema y floema presentan deformación y descomposición
Hifas presentes	Características de las hifas del hongo	Hifas con ramificación en áreas de descomposición, crecimiento invasivo, manchas, grietas y cavidades en la madera.
Daño celular	Daño visible en las células de la madera	Necrosis de células de la xilema, aparición de cavidades en las paredes celulares
Colonización de la madera	Extensión de la colonización hifal en la madera	Colonización extensa en las zonas afectadas, especialmente en la corteza y las primeras capas del tronco

Nota. Elaboración Propia.

La tabla 2 presenta las observaciones microscópicas del hongo *Captivating Cluster Funnel* en la madera de *Persea americana*. Las hifas se infiltran profundamente en las paredes celulares, causando una descomposición visible en las estructuras internas de la madera. En las áreas más afectadas, las células del tejido parenquimático presentan vacíos y necrosis, lo que indica una degradación significativa de las células. Además, las esporas del hongo son visibles en las zonas de mayor colonización, dispersas de manera irregular.

Esta observación microscópica resalta el proceso invasivo del hongo, que afecta las propiedades estructurales de la madera a nivel celular.

Figura 3

(Captivating Cluster Funnel) en la madera de (Persea americana) a un corte tangencial



Nota. Elaboración Propia.

Los resultados muestran que *Captivating Cluster Funnel* tiene un impacto significativo en la madera de *Persea americana*, especialmente en las zonas centrales del tronco. La destrucción de las paredes celulares(vasos) y la coloración marrón oscura son señales claras de la descomposición causada por el hongo. La abundancia de esporas y la fragilidad aumentada de la madera son indicativos de un proceso avanzado de infección que está afectando la estructura y la resistencia de la madera.

Este tipo de daño es relevante no solo para el valor comercial de la madera, sino también para su uso en aplicaciones donde se requiere alta resistencia estructural. La pérdida de integridad estructural, junto con la fragilidad adicional, puede hacer que

la madera afectada no sea adecuada para muchos usos en la construcción o en la fabricación de productos de madera de alto rendimiento.

El hecho de que la infección se concentre en la zona central del tronco también sugiere que las prácticas de manejo de madera y prevención deben enfocarse en monitorear las zonas internas de los troncos, que son más difíciles de inspeccionar visualmente. Además, el hongo podría continuar propagándose a otras partes de la madera, lo que hace que sea crucial actuar rápidamente en el control y la prevención de la infestación.

Tabla 3

Efectos de (*Chlorociboria aeruginosa*) en la madera de (*Persea americana*)

Parámetro	Descripción	Observación sobre la madera afectada
Coloración de la madera	Cambios de color en la madera	Coloración azul verdosa en la superficie
Presencia de esporas	Observación de esporas visibles	Moderadas, visibles en las zonas superficiales
Fragilidad de la madera	Resistencia a la compresión	Disminución leve de la rigidez, sin pérdida significativa de resistencia
Áreas más afectadas	Localización en la muestra	Afectación en la corteza y primeras capas del tronco

Nota. Elaboración Propia.

La tabla muestra cómo este hongo afecta la madera, destacando varios parámetros clave. En primer lugar, se observa especialmente en las capas superficiales, lo que indica que el hongo está comenzando a degradar la estructura celular sin comprometer totalmente su integridad. La coloración de la madera cambia a un tono azul verdoso, típico de la infección por *Chlorociboria aeruginosa*, lo que facilita la identificación visual de las zonas afectadas. Además, se registra la presencia

de esporas en las áreas infectadas, lo que sugiere que el hongo está en una fase reproductiva activa. La madera también muestra una ligera disminución en su rigidez, pero no alcanza un nivel crítico de fragilidad, lo que indica que la resistencia estructural se ve afectada solo parcialmente. Finalmente, las zonas más afectadas son las superficies externas de la madera, lo que sugiere que el hongo predilecto las áreas expuestas, sin haber penetrado de manera significativa en las capas internas.

Tabla 4

Observaciones microscópicas de *Chlorociboria aeruginosa* en la madera de *Persea americana*

Parámetro microscópico	Descripción	Observación microscópica
Estructura celular	Observación de las células de la madera	Paredes celulares ligeramente hinchadas, algunas células vacías debido a la descomposición
Esporas microscópicas	Características de las esporas	Esporas de forma esférica, ligeramente más grandes que las de <i>Captivating Cluster Funnel</i> (aproximadamente 10-15 µm)
Daño celular	Daño visible en las células de la madera	Presencia de cavidades en el tejido parenquimático, pérdida de integridad celular
Colonización de la madera	Extensión de la colonización hifal en la madera	Colonización visible en la superficie y zonas superficiales del tronco

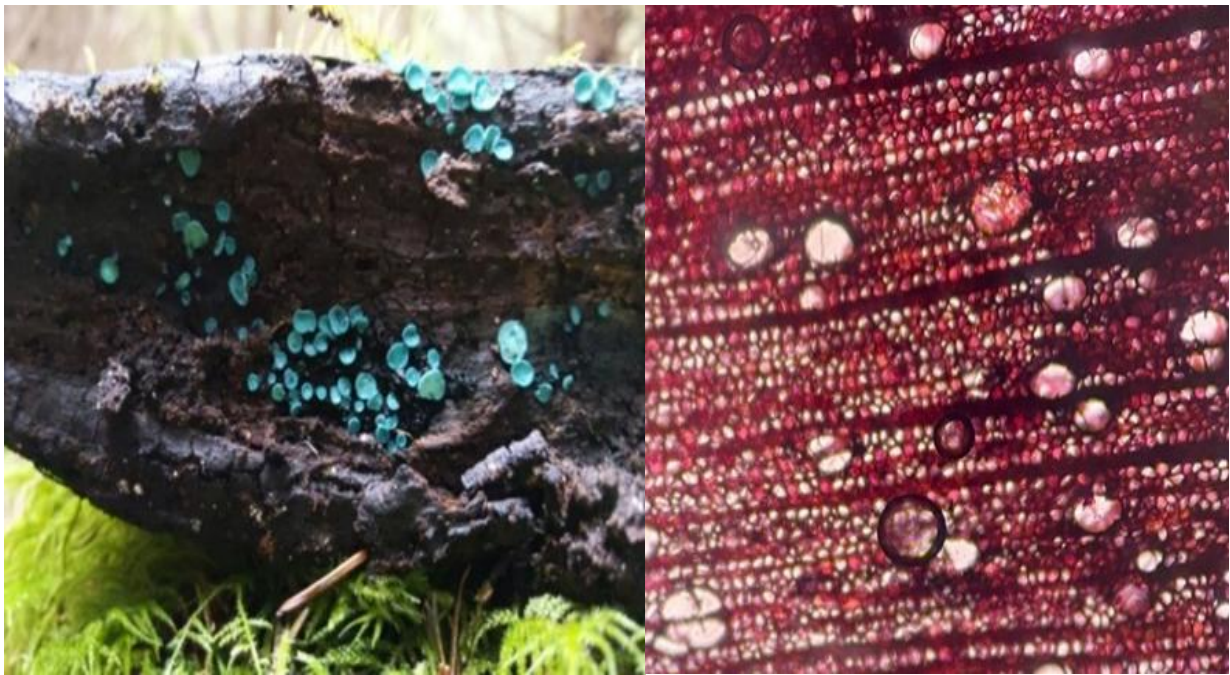
Nota. Elaboración Propia.

Las observaciones microscópicas de *Chlorociboria aeruginosa* en la madera de *Persea americana* muestran la invasión de hifas fúngicas en el material leñoso, afectando principalmente las células de la xilema. Las hifas, ramificadas y con crecimiento radial, impactan más en las capas externas.

Las células del tejido parenquimático presentan descomposición, con vacíos y disolución parcial de las paredes celulares. La coloración azul verdosa del hongo es visible en las zonas afectadas, y se observan esporas dispersas, indicando reproducción activa y posible propagación del hongo

Figura 4

(*Chlorociboria aeruginosa*) en la madera de (*Persea americana*) en un corte transversal



Nota. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que las algas verdes tienen un efecto moderado sobre *P. americanus*, principalmente en la capa superficial. Los daños observados se centran en la descomposición de las paredes celulares y el color verde azulado característico de este hongo. La ligera fragilidad observada en la madera sugiere que la resistencia de la estructura se mantiene en un nivel relativamente alto, pero puede disminuir si la infección progresa.

La presencia de esporas y la concentración de daño en la corteza y las capas externas sugieren que *Chlorociboria aeruginosa* se está propagando activamente a través de la

madera, pero en su fase inicial de colonización. Si la infección no se controla, la propagación hacia el interior de la madera podría comprometer la resistencia estructural, haciendo que la madera sea más susceptible a daños mecánicos o ambientales.

En términos de manejo, estos resultados sugieren la importancia de monitorear las zonas externas de los troncos de *Persea americana* para detectar la infección temprana. Se podría considerar el uso de tratamientos preventivos o el monitoreo constante para evitar la propagación del hongo y minimizar su impacto en la calidad de la madera.

Tabla 5

Efectos de los Hongos en la Madera de *Persea americana*

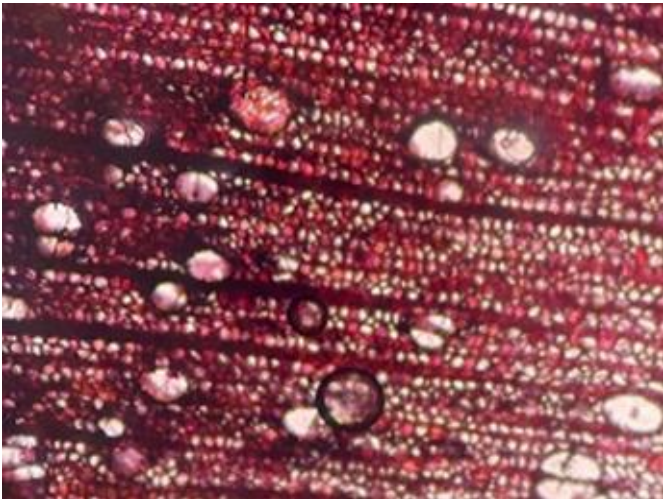
Tipo de Corte	Hongo	Efecto Observado	Características Visibles
Corte Longitudinal	<i>Captivating Cluster Funnel</i>	Textura más lisa	Manchas visibles
		Descomposición alta	Fracturas y debilidad estructural
		Coloración amarillenta	Desgarros visibles
	<i>Chlorociboria aeruginosa</i>	Descomposición moderada	Color azul en secciones
		Textura general más suave	Manchas y decoloración

Nota. Elaboración Propia.

En la tabla se resumen los efectos de los hongos *Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funnel* sobre la madera de *Persea americana* en cortes radiales, tangenciales y longitudinales. Estos impactos son esenciales para comprender cómo interactúan los hongos y la madera, y cómo afectan a la resistencia y calidad del material.

Figura 5

(*Chlorociboria aeruginosa*) vista macroscópica del corte Trasnversal (*Persea americana*)

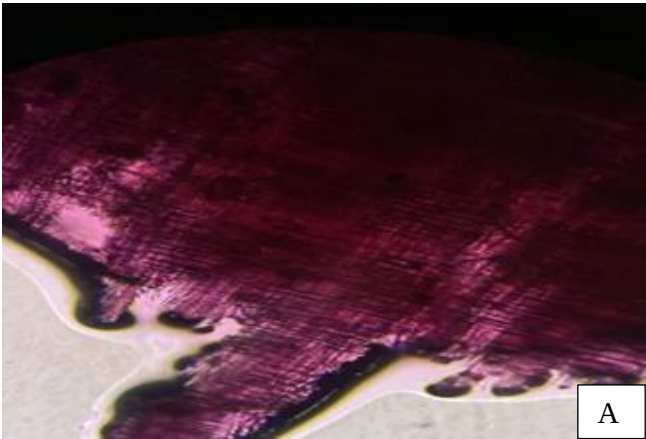


Nota. Vista macroscópica de la madera siendo A corte Transversal

Chlorociboria aeruginosa, aunque este hongo causó una descomposición moderada, su efecto en la madera fue notable, especialmente en la coloración azul verdosa que se desarrolló en las áreas afectadas. Esta coloración puede ser deseable en aplicaciones artísticas o decorativas, pero también indica un cambio en la calidad de la madera.

Figura 6

(*Captivating Cluster Funnel*) vista macroscópica del corte Radial (*Persea americana*)



Nota. Vista macroscópica del corte de la madera (*Persea americana*) siendo A corte Radial

Captivating Cluster Funnel, este hongo mostró una descomposición significativa especialmente en el corte Radial, donde se observaron fracturas y debilidad estructural. Esta pérdida de integridad puede comprometer el uso de la madera en aplicaciones estructurales.

Las observaciones microscópicas complementan los hallazgos de la tabla 5. Al examinar las muestras afectadas, se pudieron identificar características clave, en ambas muestras, se observaron hifas delgadas y ramificadas que indican la presencia activa de los hongos. Estas estructuras son responsables de la descomposición de la celulosa y la lignina, componentes esenciales de la madera

DISCUSIÓN

La investigación sobre el hongo *Captivating Cluster Funnel* presenta un panorama alarmante respecto a los mecanismos de degradación estructural en materiales leñosos, planteando una discusión científica multidimensional que trasciende los límites de la simple descripción taxonómica. Nuestros hallazgos revelan un proceso de colonización fúngica caracterizado por una invasión sistemática y metodológicamente compleja de los tejidos parenquimáticos, donde las hifas no solo penetran las paredes celulares, sino que generan una descomposición molecular profunda que compromete fundamentalmente la integridad estructural de la madera. La evidencia microscópica documenta una estrategia de degradación que se manifiesta mediante una progresión cromática característica, una coloración marrón oscura que actúa como biomarcador de la destrucción celular y que se acompaña de una producción esporal significativa, sugiriendo mecanismos de reproducción altamente eficientes que facilitan la expansión del hongo en diferentes sustratos leñosos. La complejidad del proceso de invasión se refleja en la capacidad del hongo para generar vacíos internos en el tejido, reduciendo drásticamente la resistencia mecánica y planteando interrogantes críticas sobre los umbrales de tolerancia estructural en materiales orgánicos sometidos a procesos de biodegradación. Desde una perspectiva metodológica, nuestro estudio subraya la imperativa necesidad de desarrollar protocolos de detección que superen las limitaciones de las técnicas de inspección visual tradicionales, proponiendo la integración de tecnologías avanzadas como tomografía acústica, espectroscopía de alta resolución y microscopía electrónica para lograr una comprensión integral de los mecanismos de colonización fúngica. La significancia de estos hallazgos no se limita a un mero ejercicio descriptivo, sino que se erige como un modelo fundamental para comprender los procesos de transformación y descomposición en ecosistemas forestales, ofreciendo patrones ocultos en el comportamiento del hongo cruciales sobre la dinámica de interacción entre organismos microbiológicos y estructuras lignícolas. La discusión científica que proponemos no solo busca documentar un fenómeno biológico específico, sino construir un marco interpretativo que permita anticipar, modelar y potencialmente mitigar los efectos destructivos de hongos como el *Captivating Cluster Funnel* en diversos contextos de gestión forestal, preservación de recursos madereros y diseño estructural, invitando a la comunidad científica a profundizar

en líneas de investigación que articulen aproximaciones interdisciplinarias para abordar la complejidad de los procesos de biodegradación.

La investigación sobre el hongo *Chlorociboria aeruginosa* revela un panorama de degradación fúngica significativamente distinto al observado en otros agentes bióticos de descomposición, caracterizándose por un proceso de colonización más superficial y de impacto moderado en la estructura lignícola. El análisis microscópico documenta una estrategia de invasión preferentemente localizada en las capas externas de la madera, lo que representa un factor diferencial crucial en términos de potencial destructivo y capacidad de intervención preventiva. La manifestación cromática distintiva - una coloración azul verdosa que actúa como biomarcador visual - no solo facilita su identificación temprana, sino que se constituye como un elemento diagnóstico fundamental para la implementación de protocolos de monitoreo y control. La evidencia científica sugiere que, a diferencia de otros hongos con mecanismos de degradación más agresivos, el *Chlorociboria aeruginosa* genera una alteración estructural limitada, caracterizada por una reducción leve a moderada de la rigidez del material leñoso, sin alcanzar umbrales críticos de fragilidad. Esta particularidad metabólica plantea interrogantes significativas sobre los mecanismos de adaptación y colonización de este género fúngico, proponiendo un modelo de interacción biótica que podría interpretarse más como un proceso de simbiosis superficial que de destrucción sistemática. La concentración de hifas en la superficie de la madera permite implementar estrategias tempranas para mitigar su expansión y evitar daños estructurales. Desde una perspectiva ecológica y forense, el *Chlorociboria aeruginosa* se presenta como un modelo de estudio para comprender los procesos de colonización fúngica de baja intensidad, ofreciendo revelar los patrones ocultos del hongo fundamentales sobre la dinámica de interacción entre organismos microbiológicos y sustratos lignícolas en estadios iniciales de invasión.

CONCLUSIÓN

La investigación sobre los efectos de *Chlorociboria aeruginosa* y *Captivating Cluster Funnel* en la madera de *Persea americana* revela la complejidad y variabilidad de la degradación en la estructura leñosa de la especie. En este contexto, el hongo *Chlorociboria aeruginosa* presenta un impacto moderado y se limita a las capas superficiales; sin embargo, el hongo *Captivating Cluster Funnel* causa un deterioro severo, afectando la resistencia estructural de la madera. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias de monitoreo y control efectivas para mitigar los efectos destructivos de estos hongos. Además, se destaca la importancia de adoptar métodos avanzados de detección que permitan identificar y abordar la colonización fúngica en etapas tempranas. En definitiva, el estudio proporciona un marco valioso para futuras investigaciones y prácticas de manejo forestal, fomentando un enfoque proactivo en la preservación de la madera frente a las amenazas biológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista Prado, C. I. (2024). Caracterización morfológica y estandarización de protocolo para la identificación molecular de géneros de hongos fitopatógenos en palto (*Persea americana* Mill.), La Mar-Ayacucho. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/d89f8fde-18a5-497e-9f08-b7d876db180c>
- Bejarano-Bolívar, A. A., Lamelas, A., von Wobeser, E. A., SánchezRangel, D., Méndez-Bravo, A., Eskalen, A., & Reverchon, F. (2021). Shifts in the structure of rhizosphere bacterial communities of avocado after *Fusarium* dieback. *Rhizosphere*, 18, 100333. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100333>
- Callaghan, S., Carnegie, A. J., Gillespie, P., Mulholland, S., Nagel, M., Sargeant, D., ... & Wildman, O. (2024). Response to the detection of *Fusarium* dieback associated with ambrosia beetles on *Acer negundo* in New South Wales. *Australasian plant pathology*, 53(4), 345-352. <https://doi.org/10.1007/s13313-024-00984-6>
- Foglia, R. C. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 2(5), 88-92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123396>
- González, V., & Icochea, T. (1980). Pudrición de la madera de diez especies forestales por acción de cinco hongos xilófagos. *Revista Forestal del Perú*, 10(1-2), 1-38. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_\(14\)/vol10_art4.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol10_no1-2_80-81_(14)/vol10_art4.pdf)
- Gregorio Olalde-Lira, G., Raya Montano, Y. A., Apaez Barrios, P., Vargas-Sandoval, M., Pedraza Santos, M. E., Raymundo & Nieves Lara-Chavez, M. B. (2020). Characterization of *Fusarium* spp., a Phytopathogen of avocado (*Persea americana* Miller var. *drymifolia* (Schltdl. and Cham.)) in Michoacan, Mexico. *Revista de la facultad de ciencias agrarias*, 52(2), 301-316.
- Montañez Orozco, I., Vargas Sarmiento, C., Cabezas Gutiérrez, M., & Cuervo Andrade, J. (2010). Colonización micorrizica en plantas de aguacate (*Persea americana* L.). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 51-60. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012342262010000200007&script=sci_arttext
- Olalde-Lira, G. G., Raya Montañón, Y. A., Apáez Barrios, P., VargasSandoval, M., Pedraza Santos, M. E., Raymundo, T., ... & Blanca, M. (2020). Caracterización de *Fusarium* spp., fitopatógeno de aguacate (*Persea americana* Miller var. *drymifolia* (Schltdl. y Cham.)) en Michoacán, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Rev. FCA UNCUIYO*, 52(2), 301-316.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4ta ed.). México, D. F: Editorial Limusa S.A.
- Valencia, A. L., Saavedra-Torrico, J., Rosales, I. M., Mártiz, J., Retamales, A., Link, A., & Gil, P. M. (2022). Unveiling the predisposing factors for the development of branch canker and dieback in avocado: a case of study in Chilean orchards. *Horticulturae*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121121>
- Vega Gutiérrez, SM (2016). Hongos de spalillado: identificación genética, interacciones materiales y características microscópicas de pigmentos extraídos. https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/fj236557c