

Artículo científico

## Identificación de las características de los hongos que atacan al *Alnus acuminata* Kunth (Aliso) en el Valle Lindero, 2 de mayo, Tayacaja

*Identification of fungi that attack the forest species *Alnus acuminata* Kunth (Aliso) in the Lindero Valley, May 2, Tayacaja*

-  **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
-  **Jonatan Quispe Taipe**  
Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú

**Aceptado:** Julio de 2024  
**Recibido:** Diciembre de 2024

Julio - Diciembre  
Vol. 3 Núm. 2 – 2024  
<https://doi.org/10.56275/fitovida.v3i2.43>

### RESUMEN

Con el fin de comprender las interacciones de los hongos que perjudican en la descomposición de la madera de la especie forestal de *Alnus acuminata* es por ello que el objetivo de este estudio fue identificar las características de los hongos que atacan a la especie *Alnus acuminata* ubicada en el valle Lindero 2 de Mayo. El diseño metodológico empleado en este estudio fue descriptivo, ya que se enfocó en la observación y caracterización de los hongos patógenos que afectan al *Alnus acuminata*. El hongo *Fomes fomentarius* presenta esporangios con forma globular y estructuras de micelio que se extienden de manera dispersa en el sustrato. Por esta razón, la madera de *Alnus acuminata* afectada por este hongo presentan zonas colapsadas y deformadas, indicativas de la acción enzimática del hongo. Se pueden apreciar conductos de porosidad interrumpida, donde el hongo degrada selectivamente la lignina, lo que deja una matriz rica en celulosa. Mientras que el hongo *Stereum rugosum* evidencia en su forma esporangios globosos de paredes lisas, los cuales se conectan a hifas delgadas y ramificadas, donde ambos patógenos causan daños significativamente a la especie *Alnus acuminata*, teniendo un impacto negativo en el bosque. El estudio identificó los hongos *Fomes fomentarius* y *Stereum rugosum* como patógenos que afectan a *Alnus acuminata*, debilitando su estructura mediante la descomposición de lignina y madera. La caracterización microscópica destacó su capacidad adaptativa y mecanismos de reproducción.

**Palabras clave:** *Alnus acuminata* (Aliso), hongos, *Fomes fomentarius*, *Stereum rugosum*.

## ABSTRACT

In order to understand the interactions of the fungi that harm the decomposition of the wood of the forest species of *Alnus acuminata*, the objective of this study was to identify the characteristics of the fungi that attack the species *Alnus acuminata* located in the Lindero 2 de Mayo valley. The methodological design used in this study was descriptive, since it focused on the observation and characterization of the pathogenic fungi that affect *Alnus acuminata*. The fungus, *Fomes fomentarius* presents sporangia with a globular shape and mycelial structures that spread dispersely on the substrate. For this reason, the wood of *Alnus acuminata* affected by this fungus presents collapsed and deformed areas, indicative of the enzymatic action of the fungus. Conduits of interrupted porosity can be seen, where the fungus selectively degrades lignin, leaving a matrix rich in cellulose. While the fungus *Stereum rugosum* shows in its shape globose sporangia with smooth walls, which are connected to thin and branched hyphae, where both pathogens cause significant damage to the species *Alnus acuminata*, having a negative impact on the forest. The study identified the fungi *Fomes fomentarius* and *Stereum rugosum* as pathogens that affect *Alnus acuminata*, weakening its structure through the decomposition of lignin and wood. The microscopic characterization highlighted its adaptive capacity and reproduction mechanisms.

**Keywords:** *Alnus acuminata* (Aliso), fungi, *Fomes fomentarius*, *Stereum rugosum*.

## INTRODUCCIÓN

La especie *Alnus acuminata*, conocido comúnmente como Aliso es una de las especies forestales más conocidas, suele considerarse como la única especie de *Alnus acuminata* presente en los Andes, que, gracias a su habilidad para fijar nitrógeno y su tolerancia a la luz, esta especie tiene la capacidad de desarrollarse en suelos muy pobres, actúa como pionera tras una alteración del entorno y frecuentemente se localiza en las laderas de los barrancos y en pequeñas orillas de arroyos (Weng et al., 2004, p. 19)

Los hongos que perjudican a la especie *Alnus acuminata* pueden provocar la defoliación del árbol, matar partes del mismo y dañar los hábitats que dependen de él (Garbacz et al., 2020). La precisa identificación y delimitación de estos hongos es crucial para comprender los patrones de enfermedades forestales en la zona y diseñar medidas de control adecuadas (Pautasso et al., 2015, pp. 826 - 842).

Los daños causados por el agua por condensación o fugas suelen provocar la degradación y putrefacción de la madera, proporcionando a las bacterias y hongos la humedad necesaria para su desarrollo. La creciente concienciación sobre la eficiencia energética se traduce en un mejor aislamiento y la renovación de las estructuras existentes, lo que puede causar directamente mayores niveles de humedad en el interior de los edificios (debido a un aislamiento deficiente o a defectos ocultos) o indirectamente (debido a errores durante el proceso de renovación, como los puentes térmicos que favorecen la condensación) (Fukasawa, Y., 2021).

Los hongos, gracias a su capacidad para descomponer compuestos y su amplia distribución, son considerados los principales organismos lignocelulolíticos, que, dentro de este grupo, hay algunos que destacan por su habilidad para degradar la lignina, como aquellos responsables de la "pudrición blanca", los cuales podrían ser aprovechados en procesos de bioconversión (Montoya et al., 2010, pp. 57 – 73). Esta categoría, caracterizada por el tipo de descomposición que provocan en la madera, incluye cientos de especies de Basidiomycetes. (Gomez-Brand on et al., 2020)

En la cual el objetivo de la investigación fue identificar las características de los hongos que atacan a la especie *Alnus*

*acuminata* ubicada en el valle Lindero 2 de Mayo, para comprender mejor las interacciones entre los hongos patógenos con la especie forestal.

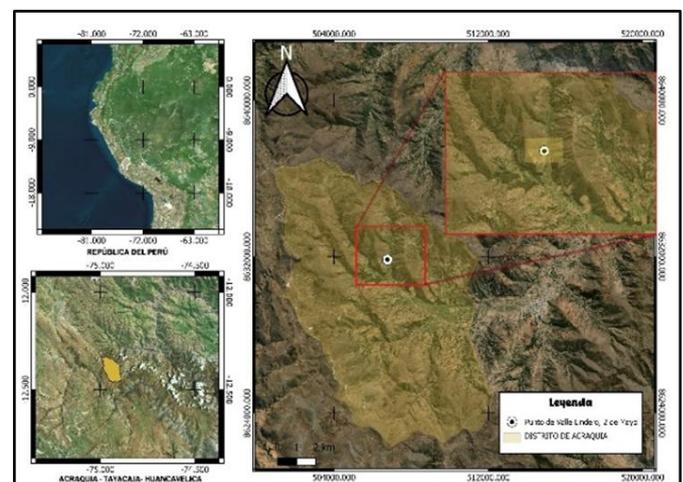
## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue llevada a cabo en el Valle Lindero, 2 de Mayo, de la provincia de Tayacaja, en el departamento de Huancavelica. En las siguientes coordenadas: 12°22'34.27"S y 74°56'14.86"O. La zona de estudio, incluyó las áreas formadas por el bosque de *Alnus acuminata* (Aliso).

El clima de este lugar es variable, con temperaturas moderadas (la temperatura generalmente varía de 5 °C a 21 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 22 °C), nubosidad constante y periodos frescos, secos y nublados, esto influye en la aparición de hongos debido a la humedad relativa que puede acumularse, especialmente en ambientes nublados. Aunque las temperaturas no son extremas, la combinación de nubosidad y humedad puede generar microclimas propicios para el crecimiento de hongos en la especie *Alnus acuminata*. La escasez de lluvias directas reduce la probabilidad de infecciones masivas, pero condiciones húmedas prolongadas favorecen su desarrollo (Erazo, et al., 2019, p.23-37).

### Figura 1

Ubicación geográfica de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia a partir del Google Earth, (2024).

## b) Metodología de la investigación

El diseño metodológico empleado en este estudio fue descriptivo, ya que se enfocó en la observación y caracterización de los hongos patógenos que afectan al *Alnus acuminata*. Este enfoque permitió identificar y describir de manera precisa los hongos patógenos que afectan a esta especie forestal, proporcionando información detallada de los resultados obtenidos (Andrango, 2022, p.1-84).

## c) Observación microscópica

Se observó el daño provocado por hongos en la madera a nivel microscópico. Para ello, se realizaron cortes ultrafinos en la sección transversal de la probeta, los cuales se tiñeron con una solución de safranina al 0.1 %. Posteriormente, las muestras fueron observadas bajo luz normal utilizando un microscopio óptico del modelo SKU: MBP103862, empleando diferentes niveles de aumento.

## e) Determinación de la estructura interna del hongo

Una vez en el campo, los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Identificar y seleccionar árboles de *Alnus acuminata* que presenten crecimiento visible de los hongos *Fomes fomentarius* y *Stereum rugosum* en sus troncos.
- 2) Utilizar un bisturí o estilete para recolectar fragmentos de los cuerpos fructíferos de cada hongo. Asegurarse de tomar muestras representativas que incluyan tanto la superficie externa como las zonas internas del hongo, así como del tronco.
- 3) Colocar cada muestra en bolsas estériles separadas para evitar la contaminación cruzada y llevarlas al laboratorio para su análisis.

En el laboratorio los pasos a seguir son los siguientes:

- 4) Limpiar las áreas de trabajo con alcohol al 96% para eliminar cualquier contaminante superficial.
- 5) Utilizar el bisturí para realizar cortes delgados de cada muestra, exponiendo la estructura interna del hongo.
- 6) Una vez extraídos los hongos y la madera se proceden a colocar 4 placas petri, en la primera colocaremos 10 gotas de safranina, mientras que en las otras 3 placas petri colocaremos soluciones que lleguen a 50 ml, pero antes se debe realizar una ecuación de regla de 3 simple, para la

primera lo cual se trabajó con concentraciones de alcohol de 50°, 75° y 96°.

- 7) Una vez obtenida las soluciones lo que se es colocar las muestras de hongos y de la madera en la safranina 5 min, y en las otras soluciones 3 min en cada una.
- 8) Se procede a observar las muestras preparadas bajo un microscopio óptico para identificar las características internas como las hifas, poros, esporas y estructura del micelio.
- 9) Realizar fotografías de las características internas observadas. Prestar especial atención a las diferencias estructurales entre los dos hongos.
  - *Fomes fomentarius*
  - *Stereum rugosum*

Así como también observar las características de la madera de *Alnus acuminata* (aliso) afectadas por los hongos mencionados anteriormente.

- 1) Comparar la estructura interna de los dos hongos y discutir sus diferencias y similitudes en términos de morfología y adaptación al tronco de *Alnus acuminata*.

## f) Población y muestra

### Población

La población es el bosque de *Alnus acuminata* (Aliso) atacada por los dos tipos hongos *Fomes fomentarius* y *Stereum rugosum*

### Muestra

La muestra son los dos tipos hongos, *Fomes fomentarius* y *Stereum rugosum* en los árboles de *Alnus acuminata* (Aliso).

## RESULTADOS

La tabla 1 describe el ataque del hongo *Fomes fomentarius* a la madera de aliso (*Alnus acuminata*), este hongo se reproduce en madera muerta o debilitada, causando descomposición al descomponer la lignina y celulosa. La madera afectada se vuelve quebradiza, débil y descolorida, asimismo, para controlarlo, se recomienda eliminar árboles infectados y aplicar fungicidas.

**Tabla 1**

*Descripción de las características del hongo Fomes fomentarius (hongo yesca) en la madera del Alnus acuminata (aliso)*

<i>Fomes fomentarius</i>	
Descripción	Es un hongo basidiomiceto con forma de casco o pezuña, de color gris o marrón, su cuerpo fructífero es leñoso y duro, creciendo en forma de concha en árboles muertos o debilitados, especialmente en bosques templados.
Medio de reproducción	Este hongo se reproduce mediante esporas, que se dispersan por el viento. Las esporas germinan en heridas abiertas de árboles debilitados, donde se desarrollan y colonizan la madera, iniciando el proceso de descomposición.
Condiciones para su reproducción	Prefiere ambientes húmedos y templados, común en bosques de frondosas. Requiere madera con heridas o daños para establecerse y prosperar, y suele desarrollarse en troncos o árboles muertos o debilitados.
De qué se alimenta:	Se alimenta de la madera de árboles muertos o moribundos. Descompone lignina y celulosa, lo que le permite degradar la madera, facilitando la absorción de nutrientes y avanzando en el proceso de putrefacción.
Como ataca a la madera	Causa pudrición blanca, descomponiendo la lignina y la celulosa, lo que debilita la estructura de la madera, haciéndola quebradiza y disminuyendo su resistencia y con el tiempo, afecta la durabilidad de la madera.

Síntomas	La madera afectada presenta decoloración blanquecina y se vuelve esponjosa y quebradiza. En la superficie, se observan los cuerpos fructíferos en forma de casco o pezuña, adheridos a los troncos o ramas de los árboles.
Métodos de gestión	Para su control, es importante eliminar árboles infectados, evitar heridas en los árboles y aplicar tratamientos fungicidas en áreas afectadas.

Nota. Elaboración propia, 2024.

La tabla 2 describe el impacto del hongo *Stereum rugosum* en la madera de aliso (*Alnus acuminata*), este hongo crece en condiciones húmedas, degradando la madera y reduciendo su

resistencia. Provoca daños estructurales y estéticos, formando costras rugosas, asimismo, su manejo incluye la eliminación de partes afectadas y control de humedad.

**Tabla 2**

*Descripción de las características del hongo Stereum rugosum (hongo de la corteza rugosa) en la madera del Alnus acuminata (aliso)*

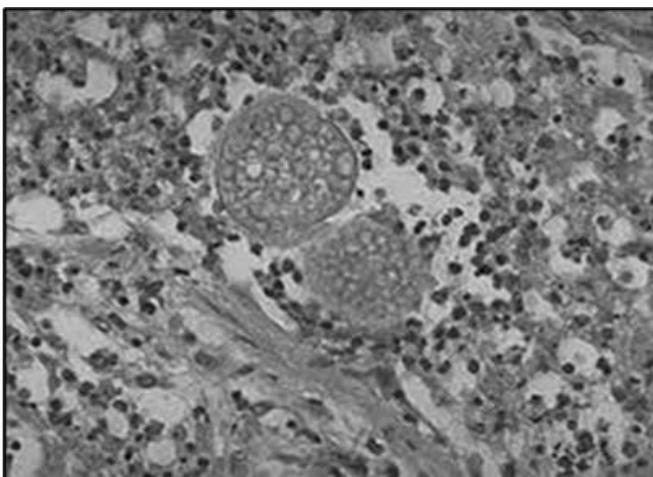
<i>Stereum rugosum</i>	
Descripción	Es un hongo de aspecto costroso y rugoso, de color marrón oscuro a negro, que crece adherido a la corteza de árboles. Tiene una superficie desigual y un borde blanquecino en etapas tempranas.
Medio de reproducción	Se reproduce mediante esporas que son liberadas en el aire, estas pueden establecerse en la corteza de árboles, especialmente en troncos o ramas heridas, donde germinan y comienzan a colonizar la madera.
Condiciones para su reproducción	Este hongo prospera en ambientes húmedos y sombreados, especialmente en zonas de bosque tropical o subtropical. Prefiere maderas dañadas o con heridas, y se desarrolla mejor en áreas con alta humedad y temperatura.
De qué se alimenta	Es un hongo saprofito que se alimenta de la madera muerta o en proceso de descomposición. Descompone la celulosa y otros componentes de la madera para absorber los nutrientes necesarios para su crecimiento.
Como ataca a la madera	Causa deterioro estructural en la madera, volviéndola blanda y esponjosa con el tiempo. Su acción en la descomposición de la madera disminuye la durabilidad y resistencia del material, facilitando su fractura y deterioro.
Síntomas	La madera afectada se vuelve quebradiza y decolorada, en la superficie, se observa una costra oscura y rugosa, con textura desigual, que se adhiere firmemente al árbol o al tronco donde crece el hongo.
Métodos de gestión	El control incluye la eliminación de partes afectadas, evitar heridas en los árboles y mantener condiciones de baja humedad en el entorno de almacenamiento de la madera.

Nota. Elaboración propia, 2024.

La figura 2 muestra las características microscópicas del hongo *Fomes fomentarius*, asimismo, se observan esporangios con forma globular y estructuras de micelio que se extienden de manera dispersa en el sustrato, estas estructuras permiten la reproducción y dispersión del hongo. Los cuerpos fructíferos presentan una pared celular gruesa, característica de este tipo de hongo, además, se pueden notar acumulaciones celulares, que posiblemente corresponden a esporas en desarrollo o maduras, listas para su liberación.

**Figura 2**

*Características microscópicas del hongo Fomes fomentarius*



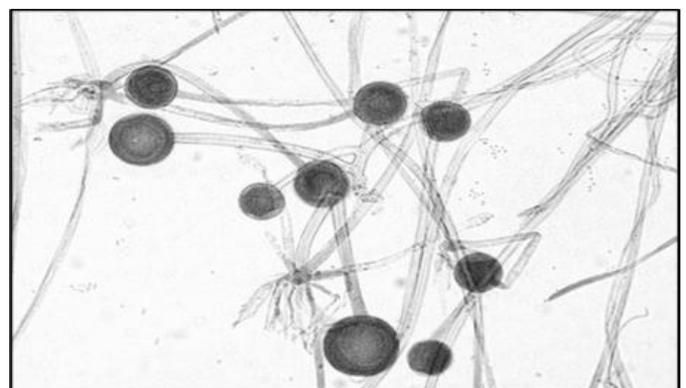
Nota. Elaboración propia, 2024.

La figura 3 presenta las características microscópicas del hongo *Stereum rugosum*, donde destacan esporangios

globosos de paredes lisas, característicos de este hongo, los cuales se conectan a hifas delgadas y ramificadas, estas hifas forman un entramado que facilita la distribución y dispersión de las esporas. Asimismo, el hongo actúa debilitando sus paredes celulares al eliminar la lignina, este proceso causa el colapso estructural de los vasos, disminuyendo su capacidad para conducir agua de manera eficiente. Por otro lado, degrada las paredes celulares de los radios, alterando su estructura y capacidad funcional, esto no solo compromete la distribución de nutrientes dentro del tronco, sino que también debilita la cohesión entre las fibras de la madera, lo que reduce la estabilidad mecánica del árbol.

**Figura 3**

*Características microscópicas del hongo Stereum rugosum*

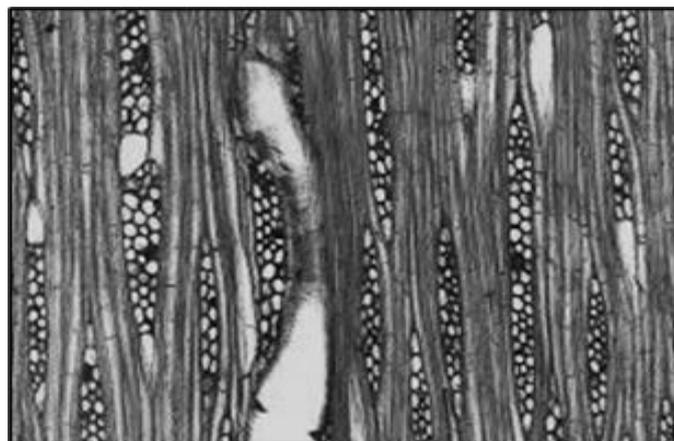


La figura 4 corresponde a las características microscópicas de la madera de *Alnus acuminata*, afectada por el hongo *Fomes fomentarius*. A nivel microscópico, se observa una alteración

significativa en la estructura de los vasos y los radios, donde los vasos presentan desorganización y posibles obstrucciones causadas por la proliferación de hifas fúngicas, lo que compromete la conducción de agua y nutrientes. Los radios muestran una desintegración parcial de sus células, evidencia de degradación asociada a la actividad enzimática del hongo. Este daño es típico de infecciones que deterioran la funcionalidad del tejido conductor en maderas vulnerables.

#### Figura 4

*Características microscópicas de la madera (Alnus acuminata) de la alteración del hongo Fomes fomentarius*



Nota. Elaboración propia, 2024.

#### DISCUSIONES

Bosch et al., (2024) en su investigación titulada “Decomposition of *Fomes fomentarius* fruiting bodies—transition of healthy living fungus into a decayed bacteria-rich habitat is primarily driven by Arthropoda” mencionan que las características microscópicas de la parte interior de *Fomes fomentarius* revelan una organización compleja de su trama, himenio y corteza. El micelio está compuesto por hifas de paredes gruesas, enriquecidas con quitina y  $\beta$ -glucanos, lo que proporciona rigidez y resistencia a la estructura del hongo. Esta composición permite al hongo degradar eficientemente la lignina y la celulosa de maderas como la de *Alnus acuminata*, contribuyendo al blanqueo característico de la pudrición blanca, así como la desintegración progresiva, donde los polímeros estructurales son degradados, afectando la densidad y resistencia mecánica de la madera (p. 1-11). En comparación con nuestra investigación se evidencia que los esporangios presentan una forma globular, una característica distintiva que facilita la formación y liberación de esporas. Estas estructuras funcionan como órganos reproductivos donde se desarrollan las esporas, esenciales para la propagación del hongo. Además, se identificaron estructuras de micelio que se extienden de manera dispersa sobre el sustrato. El micelio, que está compuesto por filamentos llamados hifas, actúa como una red que no solo ancla al hongo al sustrato

Asimismo, autores como Del Valle et al., (2024) en su investigación titulada “Basidiomicetes en la muerte de ejemplares del arbolado urbano” mencionan que el hongo *Fomes sp.* se distingue por sus carpóforos, que miden entre 10 y 45 cm de diámetro y tienen forma de pezuña o casco de caballo, su superficie es opaca y presenta burletes concéntricos

con tonos claros, como gris ceniza o gris amarillento. El margen es más claro, de color gris blanquecino, con un ribete herrumbroso en especímenes jóvenes y generalmente, exhibe franjas anchas concéntricas con un canto bien definido y redondeado. La parte superior del carpóforo es dura, rugosa y leñosa, con tonalidades que van desde marrón claro hasta gris. Este hongo crece sobre troncos muertos o vivos de diversos árboles caducifolios, causando la descomposición de la madera mediante podredumbre blanca. Se han registrado especímenes con colores que varían desde blanco plateado y grisáceo hasta casi negro, siendo los ejemplares oscuros previamente clasificados como *Fomes fomentarius* subsp. *nigricans* (Bourdot & Galzin). En general, los colores son más claros en regiones de menor altitud y latitud (p.1-9). En comparación con nuestra investigación se evidencia que en el hongo *Fomes fomentarius* los cuerpos fructíferos muestran una pared celular gruesa, lo que es típico de este tipo de hongo y les confiere resistencia estructural. Esta característica es crucial para proteger las estructuras internas del cuerpo fructífero frente a condiciones ambientales adversas, como desecación o cambios de temperatura. Además, se identificaron acumulaciones celulares dentro de los cuerpos fructíferos. Estas acumulaciones corresponden posiblemente a esporas en diferentes etapas de desarrollo, desde su formación hasta su madurez. Las esporas maduras están listas para ser liberadas, lo que asegura la dispersión del hongo y su capacidad para colonizar nuevos sustratos, cerrando así su ciclo reproductivo. Este proceso es fundamental para la perpetuación de la especie y su adaptación a diversos entornos.

Cuerpo, (1994) en su investigación titulada “Hongos de descomposición latente: ¿El enemigo oculto?, menciona que la colonización de *Stereum rugosum* en árboles está asociada a la pudrición blanca, una enfermedad que degrada la lignina y la celulosa de la xilema, debilitando estructuralmente al árbol. Este hongo invade heridas y ramas muertas, progresando en la madera a través del daño del corazón del árbol. Además, en etapas tempranas, se observan vetas blancas en la madera, que luego se tornan quebradizas y fragmentadas. Sus características microscópicas tienden a mostrar hifas septadas, con paredes delgadas a moderadamente engrosadas, generalmente sin fíbulas, lo que les confiere un aspecto uniforme (p. 14-36). Estas hifas forman una densa roja que facilita la colonización del tejido vegetal. Los basidios son claviformes y suelen portar cuatro esporas. Estas esporas, vistas al microscopio, son elipsoides, lisas e hialinas, características que resaltan por su transparencia y simplicidad estructural, esenciales para el proceso reproductivo del hongo. En comparación con nuestra investigación se evidencia que en el hongo *Stereum rugosum* destacan esporangios globosos de paredes lisas, característicos de este hongo, los cuales se conectan a hifas delgadas y ramificadas, estas hifas forman un entramado que facilita la distribución y dispersión de las esporas. Los esporangios muestran un tamaño uniforme, indicando una maduración adecuada, mientras que las hifas presentan septos en ciertos puntos, evidenciando su capacidad de fragmentación y propagación. Este tipo de estructuras es clave en la identificación y estudio de hongos como *Stereum rugosum* que tienen un papel importante en la descomposición de material lignocelulósico en ambientes naturales.

## CONCLUSIÓN

En el presente estudio, se logró identificar las características de los hongos que atacan a la especie *Alnus acuminata* (aliso), donde los análisis microscópicos revelaron características específicas de cada hongo identificado.

Es así que, el hongo *Fomes fomentarius*, clasificado como un basidiomiceto se reproduce mediante esporas en ambientes húmedos y templados, este patógeno actúa debilitando las paredes celulares al eliminar la lignina, lo que compromete la integridad estructural del árbol. Además, las imágenes microscópicas mostraron esporangios globosos de paredes lisas, conectados a hifas delgadas y ramificadas. Por otro lado, el hongo *Stereum rugosum* presenta estructuras internas que sugieren una notable capacidad de adaptación a su entorno, su reproducción se realiza por medio de esporas y alimentándose de la madera de árboles muertos o moribundos. Microscópicamente, se observa una alteración en la estructura de los vasos y radios, evidenciando una desintegración celular que se asemeja a la actividad enzimática del hongo.

Es por ello, que la identificación de estos patógenos es crucial para comprender con mayor precisión su impacto en el bienestar de los bosques de la región. Además, esta información permite diseñar estrategias de contención que incluyan la extracción de madera enferma y el uso de agentes antifúngicos, así como promover una gestión forestal ecológica para disminuir la influencia de estos patógenos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrango Chisaguano, E. X. (2022). Influencia De Las Ondas Electromagnéticas En El Hongo Roya En Plantas Ornamentales (Master's thesis, Quito, Ecuador: UISRAEL).(1-84)
- Bosch, J., Dobbler, P. T., Větrovský, T., Tláškal, V., Baldrian, P., & Brabcová, V. (2024). Decomposition of *Fomes fomentarius* fruiting bodies—transition of healthy living fungus into a decayed bacteria-rich habitat is primarily driven by Arthropoda. *FEMS Microbiology Ecology*, 100(5), fiae044.<https://academic.oup.com/femsec/article/100/5/fiae044/7637780?login=false>
- Cuerpo, L. (1994). Hongos de descomposición latente: ¿El enemigo oculto? *Revista Arborícola*, 18 (2), 14–36. <https://doi.org/10.1080/03071375.1994.9747007>
- Del Valle Bejarano, N., Castro, Y., Gerónimo, G., Apaza, D., Atanacio, Y., Vera, M., ... & Arjona, C. (2024). Basidiomicetes en la muerte de ejemplares del arbolado urbano. *Revista Científica FCA*, 17(1).
- Erazo, O., Fernández, Y., Molina, Y., Araujo, J., & Encinas, O. (2019). Durabilidad natural de *Alnus Acuminata* KUNTH. *La Revista Forestal Venezolana*, 63(1), 23-37.
- Fukasawa, Y., 2021. Ecological impacts of fungal wood decay types: a review of current knowledge and future research directions. *Ecol. Res.* 36 (6), 910 – 931.
- Garbacz, M., Malec, A., Duda-Saternus, S., Suchorab, Z., Guz, q., qagod, G., 2020. Methods for early detection of microbiological infestation of buildings base don gas sensor technologies *Chemosensors* 8 (1), 7.
- Gomez-Brand on, M., Probst, M., Siles, J.A., Peintner, U., Bardelli, T., Egli, M., Insam, H., Ascher-Jenull, J., 2020. Fungal communities and their association with nitrogen-fixing bacteria affect early decomposition of Norway spruce deadwood. *Sci. Rep.* 10 (1), 8025.
- Montoya, S., Gallego, J. H., Sucerquia, Á., Peláez, B. J., Betancourt, Ó., & Arias, D. F. (2010). Macromicetos observados en bosques del Departamento de Caldas: su influencia en el equilibrio y la conservación de la biodiversidad. *Boletín científico. Centro de museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 57-73.
- Pautasso, M., Schlegel, M., & Holdenrieder, O. (2015). Forest health in a changing world. *Microbial Ecology*, 69, 826-842.
- Weng, C., Bush, M. B., & Chepstow-Lusty, A. J. (2004). Holocene changes of Andean alder (*Alnus acuminata*) in highland Ecuador and Peru. *Journal of Quaternary Science*, 19(7), 685-691.