

Estudio Del Biodeterioro Por Hongos En Material Biológico

Del Museo De La Salle

Karen Gabriela Hernández García

Programa De Biología, Escuela De Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad De La Salle

Modalidad Desarrollo De Un Proyecto Investigativo Disciplinar

Tutora: Lucía Cristina Lozano Ardila

Cotutor: José Warles Díaz Guaman

17 de Octubre 2024

Notas de autor

Cualquier inquietud al respecto de este documento de investigación debe ser remitida al programa de Biología de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

E-mail: khernandez98@unisalle.edu.co

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por brindarme el apoyo necesario para alcanzar mi objetivo. Gracias por estar a mi lado en todo momento y darme ánimos. A mi mamá, por su paciencia, cariño y amor diario. A mi papá, por su gran apoyo. A mi hermano, por todos los consejos que me ayudaron a crecer y a creer en mí misma. Y a mis amigos, por su apoyo y compañía.

Además, quiero agradecer a la Universidad de La Salle por brindarme la ayuda necesaria para lograr mi meta. Gracias a Ricardo por permitirme hacer uso de los laboratorios, y a los laboratoristas, Sara y Mateo, por guiarme para obtener un mejor resultado. A mi tutora, Lucía Lozano por su paciencia y apoyo incondicional, por guiarme en todo momento y siempre encontrar un momento para mis preguntas, sentarse junto a mí y sacar adelante este proyecto. A mi cotutor, José Warles Díaz por su ayuda y apoyo, por toda la información que ayudó a mejorar este proyecto.

También agradezco al Museo de La Salle por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones y acompañarme en todo momento. Gracias a Julieth y Kamila por estar en este proceso, aconsejarme y guiarme en muchos procedimientos para lograr mi objetivo.

Por último, a Dios por ser mi guía en cada paso de mi camino, por darme fortaleza para superar los desafíos, por la sabiduría para tomar decisiones y por las bendiciones diarias que iluminan mi vida.

Dedicatoria

Este logro se lo dedico a Dios por ser mi gran guía.

A mi mamá Sara García, porque ella ha sido mi maestra de vida, mi compañera, amiga, y mi mayor apoyo

A mi padre Tilson Hernández que me apoyó para lograr mi meta.

Y a mi hermano Andrés Hernández, que siempre ha sido un gran consejero para mí, un gran amigo y alguien que me inspira todos los días.

Resumen

En el Museo de La Salle se conservan colecciones biológicas que permiten conocer la historia de la diversidad, pues allí se encuentran ejemplares con distribución a nivel global y local, así como especies extintas o en peligro de extinción. En la actualidad el museo cuenta con un total de 93.445 individuos repartidos en 11 depósitos de los cuales, algunos ejemplares son preservados en seco como pieles planas, rellenas o en taxidermia como aves y mamíferos. El biodeterioro en las colecciones se define como el daño causado por microorganismos a los objetos o ejemplares que hacen parte de la colección, este tipo de deterioro está condicionado por la presencia de esporas en el ambiente, la humedad relativa y la temperatura del ambiente. El objetivo de este estudio fue relacionar la presencia de hongos miceliales en aves y mamíferos del Museo de La Salle con las condiciones de temperatura y humedad relativa. Esto nos permite conocer si las condiciones ambientales del museo influyen de manera positiva o negativa al crecimiento de los microorganismos, para esto se realizó la toma de muestras del material biológico por medio de hisopado, luego se trasladó al laboratorio para realizar los cultivos en Agar Sabouraud con cloranfenicol. Posteriormente, se aislaron los hongos y utilizando claves taxonómicas, se determinaron los géneros de los hongos que se encuentran presentes en el material biológico. Finalmente, se analizaron los factores ambientales relacionados con la presencia de estos microorganismos. Se aislaron hongos en el 34,7% de los especímenes con indicios relacionados con biodeterioro; los géneros más representativos que se encontraron fueron *Penicillium* y *Aspergillus*. Además, en los muestreos pasivos se obtuvo mayor número de morfotipos para el depósito de la colección de mamíferos 1, donde se observaron las mayores variaciones en la temperatura y una humedad relativa mayor al 60%, en aves se observó un mayor control, y menor riqueza de morfotipos. Los resultados sugieren una relación entre el aislamiento de hongos, con la presencia de mohos en el ambiente y con las condiciones ambientales en las colecciones del Museo.

Palabras Clave.

Biodeterioro; Hongos miceliales; colecciones biológicas; Aves y mamíferos.

Abstract

La Salle Museum conserves biological collections that allow us to learn about the history of diversity, including specimens with global and local distribution, as well as extinct or endangered species. At present, the Museum has a total of 93.445 individuals distributed in 11 deposits, some of which, such as birds and mammals, are conserved in a dry form. Biodeterioration in a collection is defined as the damage caused by microorganisms to objects or specimens, this type of deterioration is conditioned by the presence of spores in the environment and by the relative humidity and temperature of the environment. The aim of this study was to relate the presence of mycelial fungi in birds' and mammals' collection at La Salle Museum with temperature and relative humidity. This allows us to know if the environmental conditions of the Museum positively or negatively influence the growth of microorganisms. For this, samples of the biological material were taken employing swabs, then they were transferred to the laboratory to perform the cultures in Sabouraud Agar with chloramphenicol. Subsequently, the fungi were isolated and then identified using taxonomic keys., the genera of the fungi that were present in the biological material were determined. Finally, the environmental factors related to the presence of these microorganisms were analyzed. Fungi were isolated in 34.7% of the specimens with indications related to biodeterioration signs. The most representative genera found were *Penicillium* and *Aspergillus*. Furthermore, in the passive sampling, the greatest number of morphotypes were obtained for the mammal collection room, where the greatest variations in temperature, and a relative humidity greater than 60% were observed, in birds, a greater control was observed, and less morphotype richness. The results suggest a relationship between fungal isolation, with the presence of molds in the environment and with the environmental conditions in the Museum's collections.

Keywords.

Biodeterioration; Mycelial fungi; Birds and mammals; Biological collections.

Contenido

Lista de figuras.....	7
Lista de tablas	8
1. Introducción.....	9
1.1 Colecciones biológicas.....	9
1.2 Taxidermia	10
1.3 Biodeterioro	10
Objetivos.....	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
2. Materiales y Métodos	13
2.1 Toma de muestras	13
2.2 Cultivo de muestras.....	14
2.3 Identificación de los hongos	14
2.4 Toma de datos de las variables ambientales	14
2.5 Análisis de datos	15
3. Resultados.....	15
3.1 Presencia de hongos	15
3.2 Condiciones ambientales	22
3.3 Recuentos y riqueza en muestreos pasivos	27
4. Discusión	30
4.1 Presencia o ausencia de hongos miceliales.....	30
4.2 Prevalencia de hongos.....	30
4.3 Riqueza de hongos en el aire	31
4.4 Condiciones de Humedad Relativa y Temperatura.....	32
5. Conclusiones.....	33
□ Recomendaciones	33
Bibliografía (Apa 7ª Edición).....	35

Lista de figuras

Figura 1. Porcentaje de géneros de hongos miceliales presentes en muestras conservadas en seco en las colecciones de Aves y Mamíferos del Museo de La Salle	16
Figura 2. Prevalencia de Hongos en colecciones de mamíferos conservados en seco.	19
Figura 3. Morfología de hongos miceliales, identificados en colecciones de aves y mamíferos conservados en seco del MLS.....	21
Figura 4. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 1, Mamíferos 1 (Piso 5, Museo de La Salle), Zona 1 (Compactador).	23
Figura 5. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 1, Mamíferos 1 (Piso 5, Museo de La Salle), Zona 2 (Ambiente).	23
Figura 6. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 2, Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E) Zona 1 (Estantería).....	24
Figura 7. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 2, Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E) Zona 2 (Cerca a ventana).	25
Figura 8. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 3, Aves (Piso 4 MLS), Zona 1 (Ambiente).....	26
Figura 9. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 3, Aves (Piso 4 MLS), Zona 2 (Cajón cerca a ventana).	26
Figura 10. Riqueza de morfotipos de muestreos pasivos en 3 depósitos con colecciones de mamíferos y aves conservadas en seco del MLS. Mamíferos 1 (Piso 5, MLS), Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E), Aves (Piso 4, MLS).....	28
Figura 11. Recuento de hongos miceliales durante 5 semanas en los dos depósitos de las colecciones de mamíferos conservados en seco del MLS. Mamíferos 1 (Piso 5, MLS), Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E),.....	28
Figura 12. Recuento de hongos miceliales durante 5 semanas en depósito de aves conservadas en seco del MLS. (Piso 4, MLS).....	29

Lista de tablas

Tabla 1. Información de muestras de colecciones de aves y mamíferos conservados en seco en el MLS que presentaron presencia de hongos. Mamíferos 1 (Piso 5, Museo de La Salle), Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E), Aves (Piso 4, Museo de La Salle)	17
Tabla 2. Información de muestras de colecciones de aves y mamíferos conservados en seco en el MLS que NO presentaron presencia de hongos Mamíferos 1 (Piso 5, Museo de La Salle), Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E), Aves (Piso 4, Museo de La Salle)	19

1. Introducción

1.1 Colecciones biológicas

Las colecciones biológicas son archivos históricos detallados de la vida pasada y presente del planeta. Constituyen un registro de la ocurrencia de ejemplares en un lugar y momento específicos, y sus datos asociados son la mayor fuente de información sobre la ecología local del país y la distribución geográfica de animales, plantas y otros organismos biológicos (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Además, son la base de estudios taxonómicos y sistemáticos, permitiendo conocer la diversidad biológica (García Rodríguez & Morffe Rodríguez, 2020).

La importancia de su conservación radica en que es información única, irrepetible y de gran valor para la investigación. Las colecciones biológicas son evidencia de las características físicas de los individuos colectados que representan una especie (Cristín & Perrilliat, 2011). Estas colecciones ayudan a comprender, caracterizar, diferenciar y descubrir nuevas especies. (Díaz Guaman, 2016). Además, proporcionan conocimiento sobre el impacto de la actividad humana y, a través de su estudio, permiten plantear estrategias de conservación (García Rodríguez & Morffe Rodríguez, 2020). Por último, estas colecciones permiten conservar el patrimonio natural y cultural, ya que Colombia es un país megadiverso, y alberga el 10% de la biodiversidad del mundo (Ossa, et al., 2012).

En Colombia, una de las primeras colecciones de historia natural fue creada por el Museo de La Salle, en 1904, sirviendo como repositorio de vida más antigua; actualmente existen 273 colecciones legalizadas y registradas ante el Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas (RNC), que es coordinados por el MINAMBIENTA y el Instituto Humboldt y apoya al SiB Colombia que custodian más de 60 millones de especímenes de todos los grupos biológicos de nuestra biodiversidad; algunas colecciones registradas en Colombia son realizadas por:

Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia, Instituto para la Investigación y Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca, Fundación Zoológica de Cali, Universidad ICESI, Universidad del Tolima, Universidad De Sucre, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad del Quindío, Universidad de los Llanos, Universidad de Nariño, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Distrital Francisco José de Caldas,

Universidad de Los Andes, Universidad El Bosque, Universidad de La Salle, Entre muchas más (Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC), s.f.)

El Museo de La Salle cuenta con colecciones que tienen una cobertura temporal desde 1841 hasta 2020, y estas colecciones abarcar diferentes grupos como: anuros con 13 familias, salamandras con 5 familias y cecilias con 64 ejemplares pertenecientes a una familia, ofidios con 11 familias, saurios con 17 familias, mamíferos cuenta con 71 familias, peces con 88 familias, aves cuenta con 25 órdenes, finalmente, la colección de invertebrados que abarca 97 familias (Cárdenas Hincapié, 2023).

1.2 Taxidermia

Los ejemplares conservados en seco pasan por un proceso llamado taxidermia la cual ha sido confundida con embalsamamiento, pero su nombre Taxis significa disposición y orden, y dermis, el sentido de la piel (Nicanor & Ramos, 2014). Este proceso consta de la separación de la piel, la limpieza y el uso de químicos, para eliminar la autólisis y descomposición de proteínas (Tišliar, 2023). La piel se extiende, y con ayuda de varillas o alambres y relleno de materia orgánica, que reemplaza los músculos y se le da forma, para lograr que se parezca al ejemplar con vida (Buitrago Rodríguez, 1990).

A lo largo de los años han ido mejorando las técnicas para obtener mejores resultados y poder conservar las pieles por mayor tiempo, las primeras técnicas de taxidermia fueron el secado y salado de las pieles, en el siglo XVIII barnizaban las pieles con diferentes preparados para la conservación (taninos), o el uso de jabón arsénica utilizado hasta el siglo XX. (Nicanor & Ramos, 2014). En 1943 se comenzó a hacer uso del polvo de bórax como conservante, y en la actualidad, en algunos lugares aún se usa este compuesto químico (Nicanor & Ramos, 2014).

1.3 Biodeterioro

Uno de los grandes problemas que se presenta en el material biológico al momento de ser preservados es que se componen de materiales orgánicos y son altamente propensos al biodeterioro, este es un problema crítico que es causado por microorganismos que son capaces de colonizar lugares y materiales que son fuentes de nutrientes para estos. Estos pueden producir enzimas que descomponen la materia orgánica, dañándolo y degradándolo gradualmente de

manera irreversible, perdiendo información importante y características originales de los objetos (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Además, su proliferación puede llevar a la formación de colonias, olores desagradables y cambios de color, lo que afecta negativamente la información que brinda el ejemplar, también podrían afectar la salud de quienes tienen contacto directo por inhalación o tacto (Wirth et al., 2019).

Aunque aún es un tema poco investigado en nuestro contexto, se han realizado estudios en bibliotecas, como por ejemplo, Guiamet et al., (2011) identificaron la presencia de 4 especies de hongos en mapas y 7 géneros en libros y archivos en el Museo de Plata de Argentina. Por otro lado, en Grecia Pournou, (2020), analizó los procesos de biodeterioro de la madera en diferentes ecosistemas, y algunos hongos se han relacionado con procesos de descomposición de la madera, cuando se observa un cambio de color se relaciona con hongos pertenecientes a los filos Ascomycota y Zygomycota, y cuando hay pudrición se relaciona principalmente al filo Basidiomycota. Esta información nos permite deducir que posiblemente dichos filos estén presentes, ya que la mayoría de los ejemplares de taxidermia tienen una base de madera (Comunicado por curadora del MLS, Cárdenas J.).

Un estudio realizado en Guatemala por Herrera et al. (2015), muestra como el aire contiene esporas, siendo una fuente de proliferación de hongos, también observaron cómo puede variar las unidades formadoras de colonias por metro cúbico (ufc/m³) según la hora, en diferentes áreas, donde el Museo de Historia Natural MUSHNAT presentó picos más altos con hasta $2,85 \times 10^3$ ufc/m³. Por otra parte, en India en el Museo de Historia Natural de Nepal (Swayambhu, Kathmandu), Chaudhary et al. (2019), determinaron la prevalencia de microorganismos, teniendo una concentración media en el aire, de $2,49 \times 10^3$ ufc/m³, y de 15 muestras de PDA el 100% presentaron presencia de hongos, predominando las levaduras en el ambiente.

Ese mismo estudio, Chaudhary et al. (2019) también realizaron un análisis de presencia de microorganismos en las colecciones del museo donde un 77,5% de las muestras dieron positivo para hongos y encontraron una concentración más alta de microorganismos en pieles con $6,57 \times 10^4$ ufc/m², donde *Cladosporium*, fue el género más predominante. En Colombia, Carrillo Chavez et al. (2023) realizaron un estudio de los hongos y bacterias que se encontraban en la Colección de Zoología “José Ricardo Cure Hakim” (CZCH-UMNG) de la Universidad Militar

Nueva Granada, encontrando 4 especies de bacterias, y 8 especies de hongos. También, se encuentra información sobre biodeterioro en otros sustratos como fotografías, papel, pinturas, mapas, entre otros (Guamet et al., 2011).

En el Museo de La Salle (MLS), se han detectado y documentado signos de microorganismos en algunos ejemplares de la colección. El principal indicio de su presencia es el micelio de color blanco y aspecto algodonoso (Comunicado por Conservador del MLS, Díaz Guaman J.), haciendo necesario evaluar factores como la Humedad Relativa y Temperatura, para así identificar si son valores óptimos, o son condiciones ideales para el crecimiento y proliferación de las esporas (Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011). En un estudio realizados en Oregón, Estados Unidos, se identificó la presencia de moho al no tener condiciones controladas de clima en los lugares que se conservan las colecciones, donde en junio con el inicio del verano, aumento la temperatura y también hubo una mayor humedad lo que resulto en más presencia de hongos en la colecciones (Trail et al., 2021), a pesar de que Bogotá no cuenta con estaciones, Sin embargo, nos permite reconocer que estos factores podrían influir en la proliferación de hongos miceliales, ya que, el edificio del Museo de La Salle es una estructura de la tercera década del siglo XX, construida entre 1908 a 1911 que presenta algunas problemáticas de humedad por filtración en la cubierta, lo que en algunos espacios tiene como consecuencia el aumento de la Humedad Relativa. (Comunicado por Conservador del MLS, Díaz Guaman J).

La Colección de historia natural del Museo de La Salle es de gran relevancia por la relación de los Hermanos de La Salle con el estudio de la biodiversidad en Colombia. Además, tiene un notable valor científico por la antigüedad de sus ejemplares y por la relevancia de los datos que proporciona para la investigación. Es por esta razón que es importante conservarla y preservarla, ya que se tienen aproximadamente 32.305 individuos de vertebrados de estos 2.535 son mamíferos y 8.806 aves (Cárdenas Hincapié, 2023). Estudiar la presencia y la actividad de estos microorganismos en la colección permite comprender mejor los procesos de deterioro y tomar medidas para prevenir o mitigar su impacto, poder cuidar las características de los ejemplares y su información asociada. Por otra parte, teniendo en cuenta que los microorganismos son un factor de deterioro en las colecciones biológicas que ponen en riesgo su conservación en el tiempo, se hace necesario e importante la realización del estudio del biodeterioro en los Museos de Historia Natural. Por lo anterior este estudio buscó responder la

pregunta, ¿Cuál es la prevalencia de los hongos miceliales en las colecciones de ornitología y mastozoología del Museo de La Salle?

Objetivos

Objetivo General

Relacionar la presencia de hongos miceliales en aves y mamíferos preservados en seco del Museo de La Salle, con las condiciones de Humedad Relativa y Temperatura de los diferentes espacios donde se conservan.

Objetivos Específicos

- Determinar la presencia o ausencia de hongos miceliales en aves y mamíferos conservados en seco del Museo de La Salle.
- Establecer la prevalencia de los hongos en partes específicas de los especímenes conservados en seco del Museo de La Salle.
- Estudiar la influencia de las condiciones de Humedad Relativa y Temperatura de los depósitos del Museo de La Salle en la proliferación de hongos miceliales en especímenes conservados en seco.

2. Materiales y Métodos

2.1 Toma de muestras

Las muestras fueron tomadas en el Museo de La Salle, en dos depósitos de mastozoología uno situado al interior del Museo en el quinto piso, y el otro al exterior del museo, en el mismo piso de la Universidad de La Salle en el bloque E contiguo al Museo, y un depósito de ornitología localizado en el interior del Museo en el cuarto piso. Se seleccionaron un total de 46 individuos, 18 aves conservados en taxidermia y 28 mamíferos (11 pieles extendidas y 17 con taxidermia) todos conservados en seco y que mostraron índices de biodeterioro (Carrillo Chavez et al., 2024). Las muestras se tomaron por medio de hisopado previamente esterilizados, se realizaron en diferentes tejidos con biodeterioro, los cuales fueron en picos y plumas para las

aves; nariz, pelaje o piel para los mamíferos; todas las muestras fueron trasladadas en tubos de ensayo estériles (evitando la contaminación en el traslado) al laboratorio de microbiología de la Escuela de Ciencias Básicas y Aplicadas (Carrillo Chavez et al., 2024).

2.2 Cultivo de muestras

Las muestras se transportaron en solución salina (NaCl 0,85%) y fueron cultivadas de manera directa en Agar Sabouraud dextrose agar más 500 mg/l de cloranfenicol (Ezpeleta-Baquedano et al., 2013), se dejaron incubando durante ocho días a 25°C. Al cabo de los cuales se realizó el recuento de los hongos con ayuda de un contador de colonias cuando fue necesario; se hicieron pases y se dejaron por 1 semana a 25 °C para conseguir el aislamiento de las colonias.

También se realizó un muestreo pasivo, para evaluar la contaminación microbiana en el aire, y el estado de los cajones y compactadores donde se conservan los ejemplares, para esto se utilizó el método de placa de sedimentación (Pasquarella et al., 2000). Los microorganismos cultivables se recogieron en cajas de Petri con Agar Sabouraud dextrose agar más cloranfenicol, abiertas al aire durante 1 hora a 1 m del suelo y a 1 m de la pared, estos muestreos se realizaron en lugares aleatorios, una vez por semana, durante 5 semanas y se observó la variación. Para cada punto de control, se expusieron dos cajas de Petri en ambiente, en los cajones, compactadores y/o estantes donde se conserva el material y se incubaron a 25°C por ocho días (Di Giulio et al., 2010), al cabo de los cuales se realizó el recuento de los hongos.

2.3 Identificación de los hongos

Para la identificación de los hongos, se realizaron láminas con tinción con azul de lactofenol y se observaron en el microscopio. La identificación se llevó a cabo utilizando las claves taxonómicas de Cepero De García et al., 2012, y se complementó con guías para detallar mejor algunas características de los conidios o conidióforos.

2.4 Toma de datos de las variables ambientales

Se observaron las medidas de control que se tienen en los lugares de conservación, con un datalogger se tomaron los datos a lo largo de un periodo de 15 a 22 días entre los meses de abril a agosto comenzando con meses lluviosos y terminando con un mes más seco (Weather Spark,

2024), cada tres horas, a partir de las 12 del mediodía, obteniendo tomas a las 12 am, 3am, 6 am, 9 am (una hora después del ingreso de empleados del Museo), a las 12pm para tener la Humedad Relativa media diurna, y 3pm, 6pm y 9pm, con esto se observó la variación de la Temperatura y la Humedad Relativa (Macip-Ríos et al., 2013); con el programa del datalogger ElitechLog obtuvimos la información respectiva de los depósitos muestreados y también del compactador y estantes para mamíferos y un cajón para aves donde se conservan los ejemplares. Estos datos se tomaron días después de los nuestros pasivos, para reducir variaciones por agentes externos al Museo.

Por otra parte, se identificaron factores que puedan generar variaciones en las zonas de conservación, como ventanas, humedad en las paredes, filtraciones de agua, entre otros (Guzmán-Martínez & Ramírez-Gaviria, 2007).

2.5 Análisis de datos

Se determinó la composición de los hongos presentes en el material biológico; para identificar la diversidad de los géneros. Se usó el software estadístico GraphPad, y Excel para la creación de gráficos que permitieron identificar si hay variaciones entre ejemplares y sus partes.

Por otra parte, los datos obtenidos de ElitechLog fueron procesados por Excel para la creación de gráficas de la Temperatura y Humedad Relativa de los diferentes depósitos del Museo.

3. Resultados

3.1 Presencia de hongos

Se realizó muestreo en tres depósitos, dos con colecciones de mamíferos y uno de aves; con un total de 69 tomas correspondiente a 46 ejemplares, clasificándose en 28 (60,9%) especímenes de mamíferos (piel desnuda, pelo) y 18 (39,1%) especímenes de aves (pico, piel con plumas y patas). El 34,7% del total tuvieron crecimiento de hongos miceliales, 46,4% de los mamíferos muestreados y el 16,6% de las aves mostraron presencia de hongos. Entre los géneros identificados, *Aspergillus* estuvo en el 64% de las muestras, seguido de *Penicillium* en 56%, y en un 40% de las muestras con 13 hongos no mostraron estructuras reproductivas que permitieran

su identificación siendo clasificados como Micelio estéril (Figura 1), estos 10 géneros registrados estuvieron presentes en las colecciones de Mamíferos y solo 4 géneros (*Aspergillus*, *Chaetomium*, *Penicillium*, *Cladosporium*) estuvieron en aves. Es importante mencionar que el museo llevó a cabo una limpieza con amonio cuaternario en pieles extendidas de mamíferos debido a la observación de hongos en algunos ejemplares entre 2022 y 2023, como se evidencia en la **Tabla 2**.

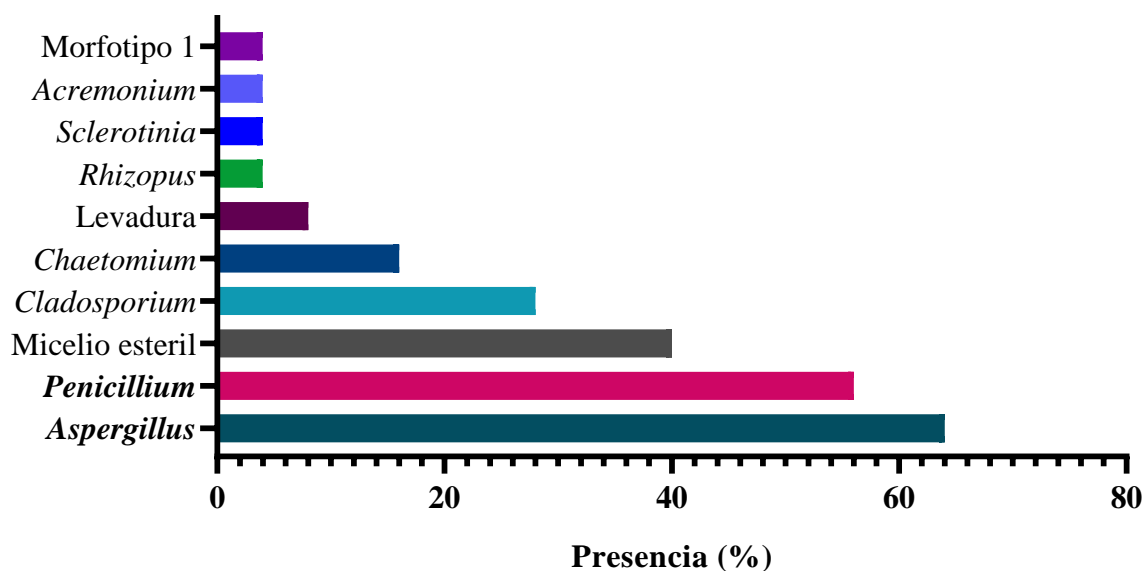


Figura 1. Porcentaje de géneros de hongos miceliales presentes en muestras conservadas en seco en las colecciones de Aves y Mamíferos del Museo de La Salle

Tabla 1. Información de muestras de colecciones de aves y mamíferos conservados en seco en el MLS que presentaron presencia de hongos. **Mamíferos 1** (Piso 5, Museo de La Salle), **Mamíferos 2** (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E), **Aves** (Piso 4, Museo de La Salle)

Colección	Especie	# Ejemplar	Zona con Biodeterioro	Tipo de Biodeterioro	# de Morfotipos	Géneros Identificados
Mamíferos 1	<i>Hydrochoerus hydrochaeri</i>	377	Cuello	Pelusa gris	1	<i>Penicillium</i>
			Nariz		3	<i>Aspergillus</i> <i>Acremonium</i>
			Oreja		4	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Cladosporium</i>
			Espalda	Puntos negros; cambio de color	1	<i>Aspergillus</i>
	<i>Mazuela olivacea</i>	590	Cola	Puntos blancos	1	<i>Cladosporium</i>
	<i>Lagothrix lagothricha</i>	55	Mano sin dedos	Dedos separados, piel rota	1	<i>Cladosporium</i>
			Dedo		1	<i>Cladosporium</i>
<i>Bos taurus</i>	E-4	Boca	Puntos blancos	1	<i>Aspergillus</i>	
<i>Cuniculus paca</i>	1767	Cara cerca a ojo	Pelusa gris	3	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>	
Mamíferos 2	<i>Tapirus terrestris</i>	384	Cola	Perdida de pelo	4	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>
			Cabeza	Huecos	6	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>
	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	296	Boca	Puntos blancos	2	Levadura <i>Rhizopus</i>

	<i>Panthera pardus</i>	94	Nariz	Pelusa gris	5	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Chaetomium</i>
			Cabeza	Huecos	4	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>
	<i>Tapirus terrestres</i>	136	Cara	Perdida de pelo, y cambio de color	2	Micelio estéril <i>Penicillium</i>
			Cuello		2	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>
			Cola	Cambio de color	6	Micelio estéril Levadura Morfotipo 1 <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Cladosporium</i>
	<i>Puma concolor</i>	51	Cara	Perdida de pelo	6	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i> <i>Chaetomium</i>
			Cuerpo	Huecos	2	<i>Sclerotinia</i> <i>Aspergillus</i>
	<i>Sapajus apella</i>	527	Pelaje	Puntos blancos	2	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>
	<i>Molossus pretiosus</i>	1537	Pelaje	Puntos y pelusa blancos	2	<i>Chaetomium</i> Micelio estéril
	<i>Sapajus apella</i>	524	Pelaje	Puntos blancos	4	Micelio estéril <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i>
Aves	<i>Ara macao</i>	I-46	Patas	Puntos blancos	2	<i>Aspergillus</i> <i>Chaetomium</i>

	<i>Netta erythrophthalma</i>	186	Patas	Puntos y pelusa blancos	3	<i>Penicillium Cladosporium</i>
	Anatidae	197	Patas	Puntos negros	1	<i>Aspergillus</i>

De las 16 muestras de los ejemplares que tuvieron crecimiento de hongos, 3 fueron en aves solo en las patas, por otra parte, en 13 de los mamíferos, hubo una mayor presencia en pelo, como la cola, espalda, entre otras áreas (Figura 2).

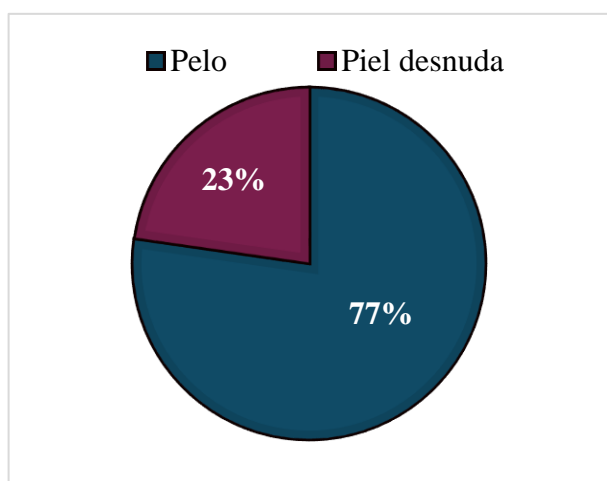


Figura 2. Prevalencia de Hongos en colecciones de mamíferos conservados en seco.

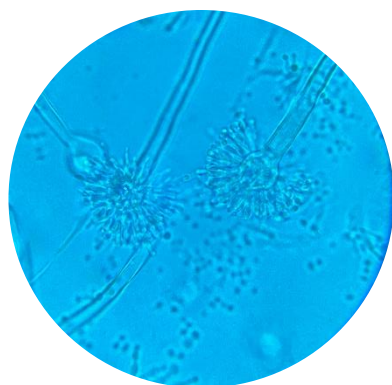
Tabla 2. Información de muestras de colecciones de aves y mamíferos conservados en seco en el MLS que NO presentaron presencia de hongos **Mamíferos 1** (Piso 5, Museo de La Salle), **Mamíferos 2** (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E), **Aves** (Piso 4, Museo de La Salle)

Colección	Especie	# Ejemplo	Zona con Biodeterioro	Tipo de Biodeterioro
Mamíferos 1	<i>Bos taurus</i>	1699	Cola; Nariz; Entre pierna; Pierna; Cuello	Huecos y puntos blancos (Limpieza con Amonio Cuaternario 12/07/2022)
	<i>Cebus versicolor</i>	1198	Cuello; Pata	Zonas agrietadas y rotas
	<i>Bos taurus</i>	E-4	Cola	Hueco, puntos blancos
	<i>Pecari tajacu</i>	1824	Pata	Pelusa gris
	<i>Tapirus terrestris</i>	1826	Nariz	Perdida de pelaje

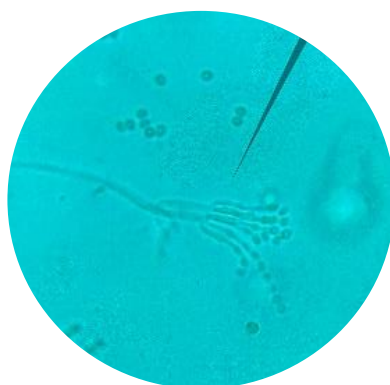
	<i>Cuniculus paca</i>	1767	Pelaje	Polvo	
Mamíferos 2	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	296	Cuello	Huecos	
	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	345	Ojos	Polvo gris	
			Pata	Puntos blancos	
	<i>Alouatta seniculus</i>	537	Pata	Puntos blandos duros (Limpieza con Amonio Cuaternario -/04/2023, a pelusas gris y blancas)	
			Pelaje		
	<i>Lagothrix lagothricha lugens</i>	505	Pelaje		
	<i>Pithecia milleri</i>	731	Pelaje		
	<i>Ateles belzebuth</i>	542	Pelaje		
	<i>Lagothrix lagotricha lugens</i>	503	Pelaje		
	<i>Sapajus apella</i>	729	Pelaje		
	<i>Cyclopes ida</i>	1247	Pelaje		Puntos blancos duros
	<i>Tamandua</i>	1558	Pelaje		
<i>Ateles belzebuth</i>	544	Pelaje			
<i>Pithecia milleri</i>	507	Pelaje			
Aves	<i>Jabiru mycteria</i>	125	Cuello		Puntos blancos
	<i>Ara macao</i>	I-46	Cuello	Perdida de plumas	
	<i>Cyanocorax violaceus</i>	5223	Pico	Polvo blanco	
	Anatidae	197	Plumas	Polvo verde	
	<i>Gallus gallus domesticus</i>	NN G	Plumas	Perdida de plumas	
	<i>Ara ararauna</i>	1023	Cuello	Plumas con pérdida de color (Color gris)	
			Alas		
	<i>Cathartes burrovianus urubitinga</i>	230	Cerca a ojo	Polvo blanco	
	<i>Buteo brachyurus</i>	359	Pico	Puntos blancos	
	<i>Daptrius ater</i>	453	Cerca a ojo	Polvo blanco	
	<i>Elanoides forficatus yetapa</i>	243	Patas	Puntos blancos	
	<i>Ardea alba egretta</i>	82	Pico	Puntos blancos	
Plumas			Perdida de plumas		
<i>Gamponyx swainsonii leoniae</i>	256	Plumas	Cambio de color de plumas (color amarillento)		

<i>Merganetta armata colombiana</i>	705	Plumas	Perdida de plumas
<i>Cathartes burrovianus urubitinga</i>	230	Plumas	Puntos blancos
<i>Daptrius ater</i>	453	Plumas	Perdida de plumas y puntos blancos duros
<i>Ibycter americanus</i>	8205	Plumas	Cambio de color de plumas (color amarillento)
<i>Theristicus caudatus caudatus</i>	127	Pico	Cambio de color de plumas (color más oscuro)

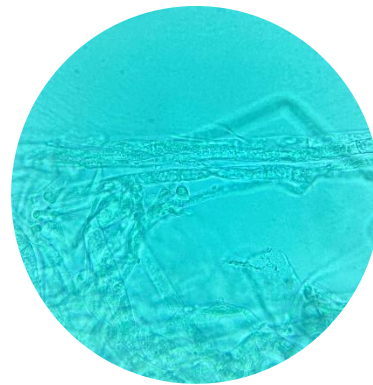
Figura 3. Morfología de hongos miceliales, identificados en colecciones de aves y mamíferos conservados en seco del MLS



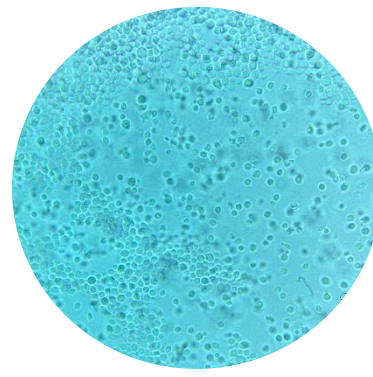
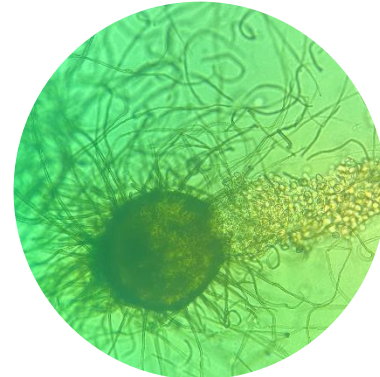
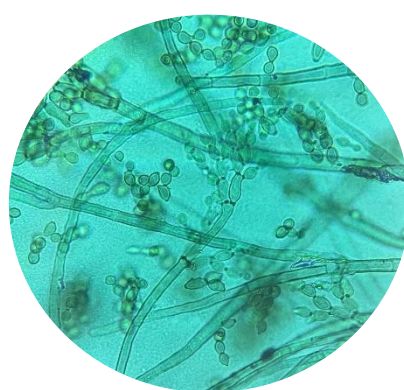
Aspergillus



Penicillium

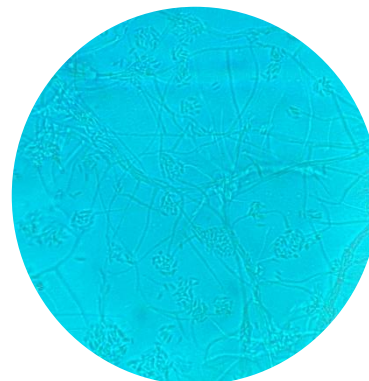
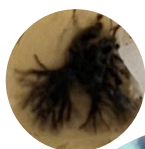
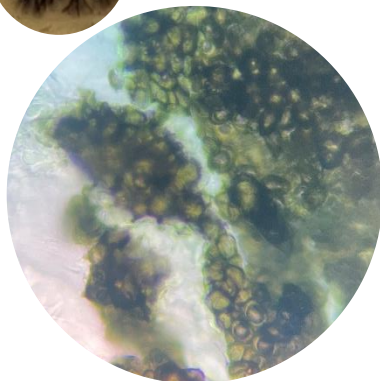


Micelio estéril



Cladosporium*Chaetomium*

Levadura

*Rhizopus**Sclerotinia**Acremonium*

Morfotipo 1

3.2 Condiciones ambientales

Se realizaron las tomas de condiciones ambientales en dos zonas por cada depósito, cabe aclarar que los datos no fueron tomados de manera simultánea. La primera zona muestreada fue el depósito de Mamíferos 1 ubicado en el quinto piso del MLS que cuenta con un compactador donde se conservan los ejemplares, se tomaron datos durante 15 días, la temperatura mínima fue de 17,8°C y la máxima 21,1°C con una diferencia de 3,4°C, y en Humedad Relativa (HR)

mínima de 64,3% y máxima de 70,2%, con diferencia de 5,9% (Figura 4). Luego se dejó el datalogger durante 3 semanas en el ambiente del mismo depósito, el cual registró una temperatura mínima de 18,4°C y máxima de 22,3 °C con una diferencia de 3,9°C pero con más picos de cambios como se observan en la Figura 5. Además, la HR mínima de 52,9% y la máxima de 67,2%, con una diferencia de 14,3%

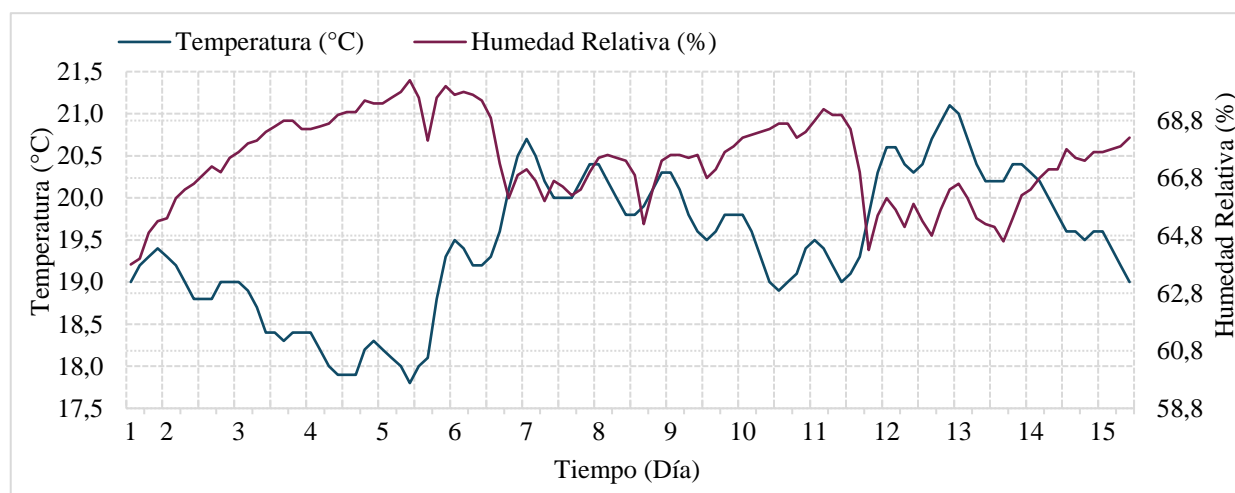


Figura 4. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 1, Mamíferos 1 (Piso 5, Museo de La Salle), Zona 1 (Compactador).

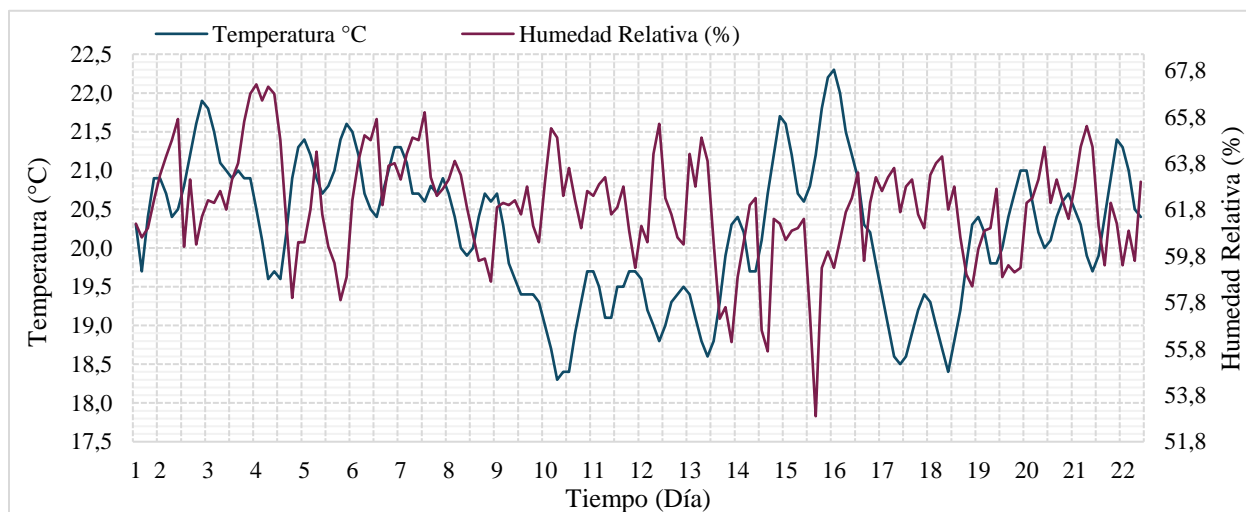


Figura 5. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 1, Mamíferos 1 (Piso 5, Museo de La Salle), Zona 2 (Ambiente).

El segundo depósito muestreado fue: Mamíferos 2 ubicado en al exterior del Museo en el quinto piso de la Universidad de La Salle, en el bloque E que es contiguo al Museo, donde todos los ejemplares están ubicados en estantes, se tomaron datos en dos zonas donde en el primero más central por la estantería se obtuvieron resultados de temperatura como mínimos de 17,4°C y máximo de 19,7°C con diferencia de 2,3°C y en HR 59,9% y 65,5% diferencia de 5,6% (Figura 6) y en la segunda zona, más cerca de las ventanas se obtuvieron resultados de temperatura como mínimos de 16,6°C y máximo 21,7 °C con diferencia de 5,1°C y en HR 50,3% y 64,2% diferencia de 13,9%; observándose que a menor Temperatura, mayor HR, mostrando varios picos en las tres semanas (Figura 7).

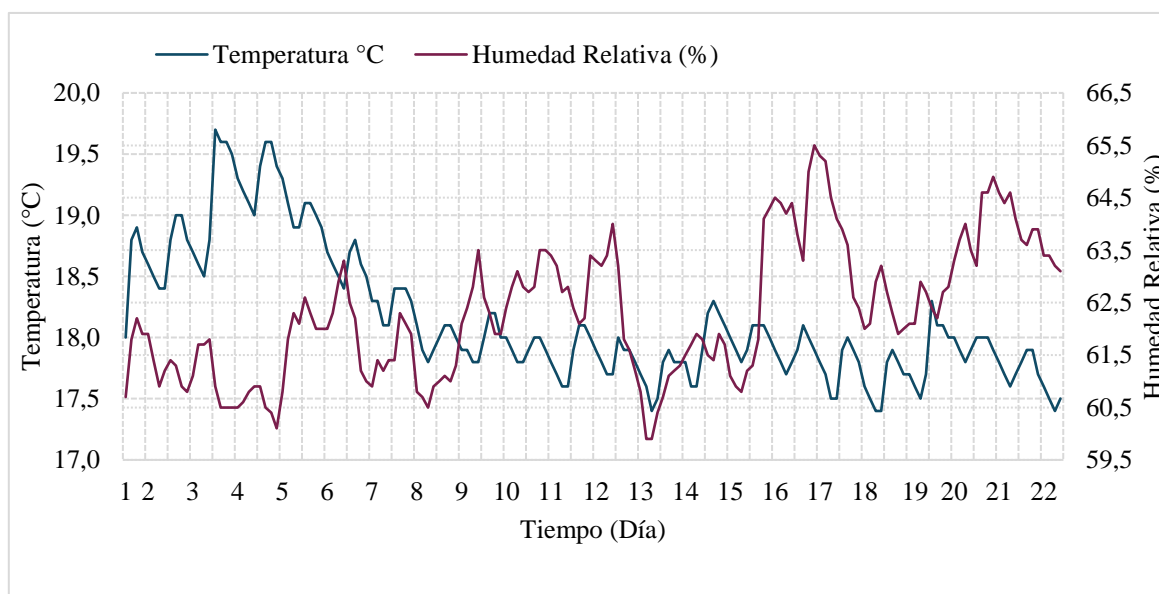


Figura 6. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 2, Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E) Zona 1 (Estantería).

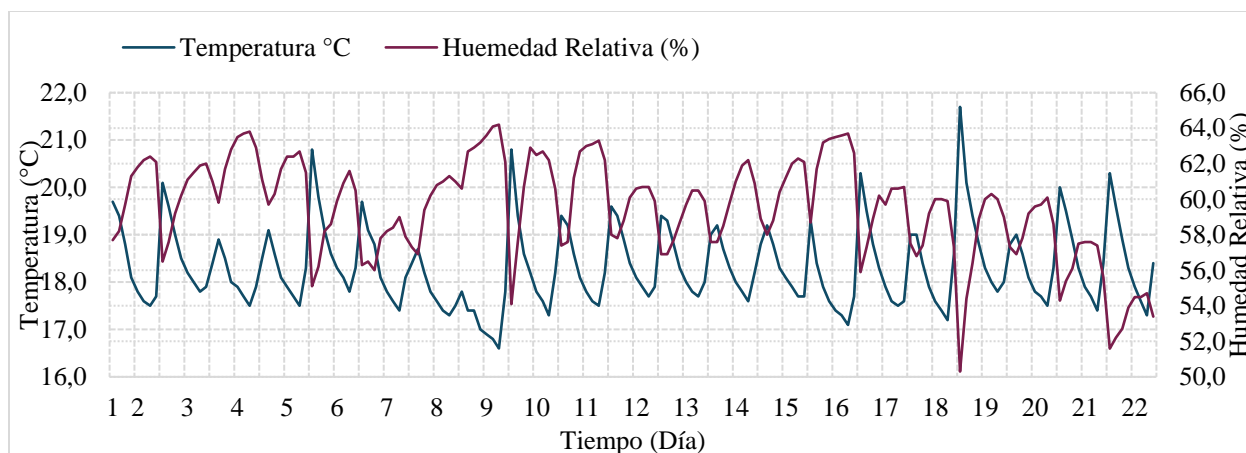


Figura 7. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 2, Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E) Zona 2 (Cerca a ventana).

Por último, se tomaron datos del depósito donde se conserva la colección de ornitología que está ubicado en el cuarto piso del museo, en el ambiente se obtuvo una temperatura mínima de 17,6°C y una temperatura máxima de 19,2°C, con una diferencia de 1,6°C, y una HR mínima de 50,3% y máxima de 61% con una diferencia de 10,7% (Figura 8). Por otra parte, la segunda zona muestreada fue un cajón cercano a las ventanas para observar si al estar cerca a la ventana tenía mayores variaciones, se obtuvo una HR mínima de 47,5% y una máxima de 56,2%, con una diferencia de 8,7%, y una Temperatura mínima de 17,5°C y máxima 19°C, con una diferencia de 1,5°C (Figura 9), se observa un efecto de mayor Temperatura y menor la HR, y en el cajón se observan más picos de variación comparado con el ambiente, que se ubicó en una zona más central.

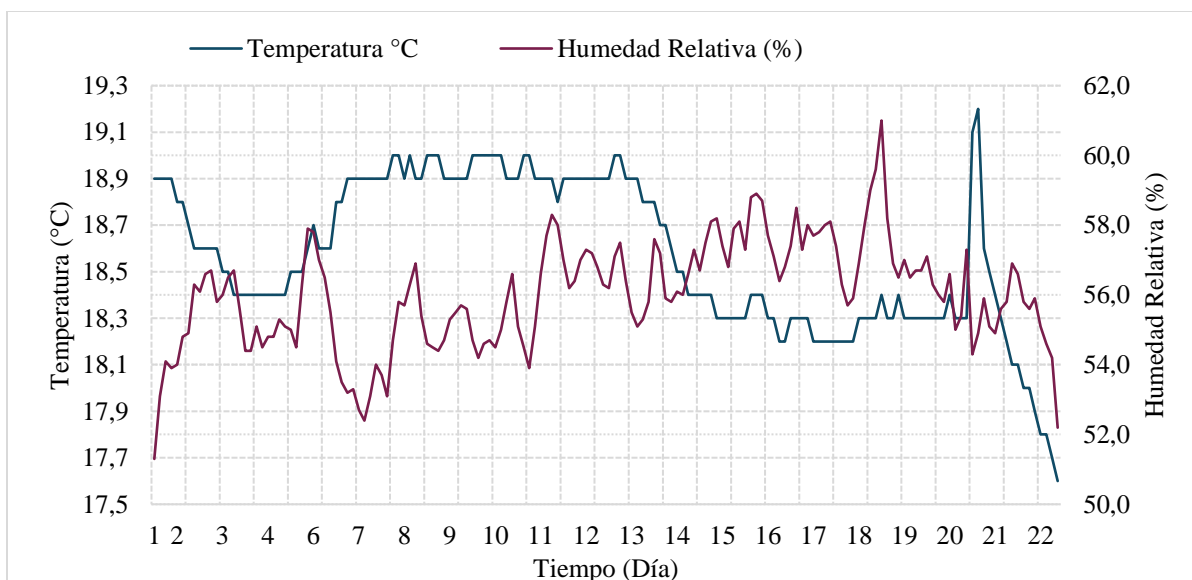


Figura 8. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 3, Aves (Piso 4 MLS), Zona 1 (Ambiente).

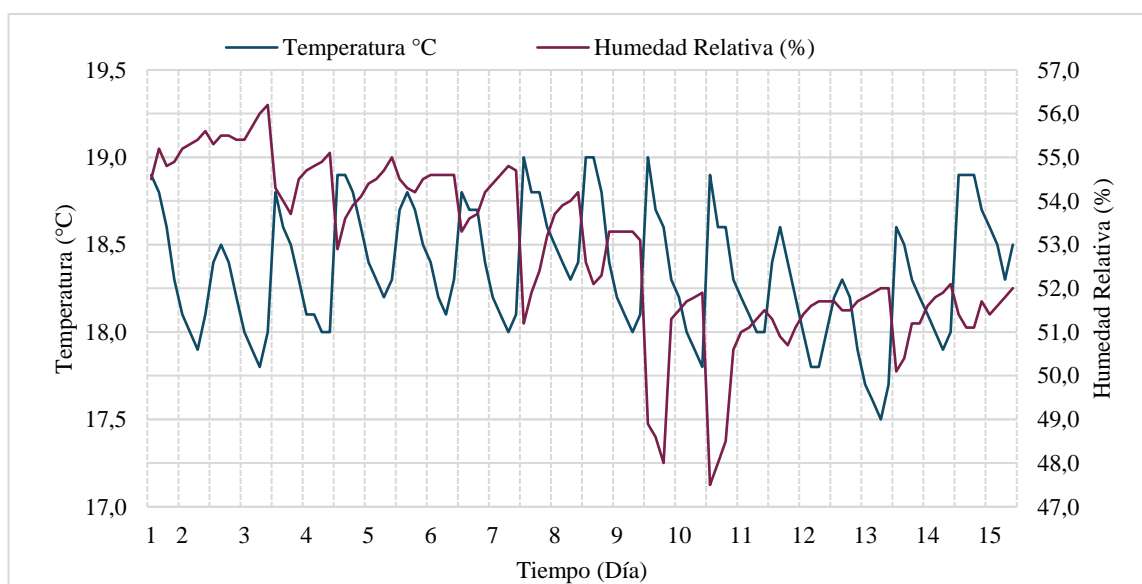


Figura 9. Condiciones de Temperatura (línea azul) y Humedad Relativa (línea morada) en el depósito 3, Aves (Piso 4 MLS), Zona 2 (Cajón cerca a ventana).

3.3 Recuentos y riqueza en muestreos pasivos

Se realizaron muestreos de ambiente para hongos en compactador, estantes y cajones de los diferentes depósitos con un total de 5 tomas para cada uno, y se observó riqueza de morfotipos según el depósito. En el ambiente del depósito de Mamíferos 1 ubicado en el quinto piso del Museo de La Salle, por las condiciones del depósito, como una ventana que no se podía cerrar, teniendo constante flujo de aire, y alta humedad en las paredes, el recuento de colonias nunca fue menor a 2 ufc/h, por otro lado, el otro depósito de Mamíferos 2, mostro crecimiento de menos morfotipos, el estado del salón era mejor, sin humedad en paredes y con ventanas bien cerradas, donde presentó alrededor de 10 ufc/h (Figura 10), viendo la variación a lo largo de las diferentes semanas se muestra un pico un aumento en la semana 3 (Figura 11), esto se pudo relacionar con que el depósito tiene un bajo número de ingresos a lo largo del año, y al realizar el muestreo se obtuvo una variación en este aspecto.

En el caso de aves el salón en buen estado, y las ventanas con persianas que reducían el flujo de aire, en la primera toma mostró la mayor presencia de colonias con un total de 5 ufc/h, disminuyó considerablemente después del 10/05/2024 (semana 2), esto puede ser ya que, por información dada por el Museo se hizo una fumigación con Lysol y los recuentos estuvieron entre 1 a 2 ufc/h (Figura 12). Los principales géneros observados en los muestreos pasivos fueron *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Sclerotinia*.

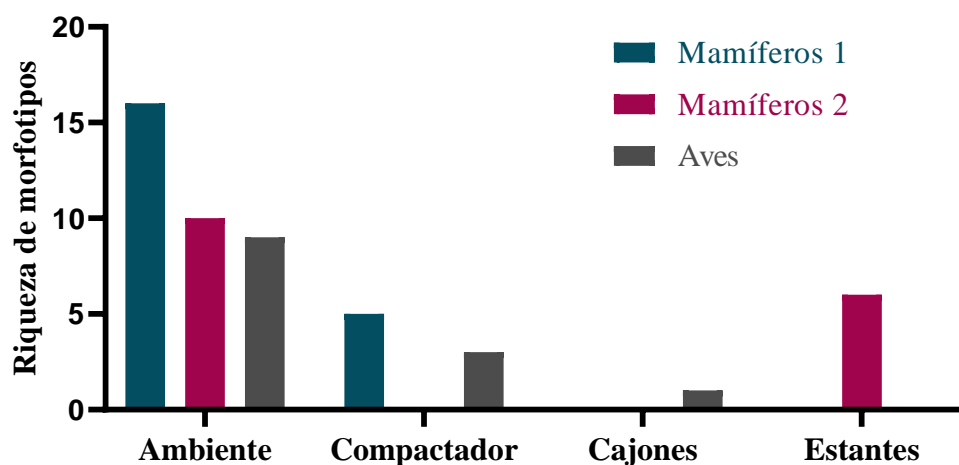


Figura 10. Riqueza de morfotipos de muestreos pasivos en 3 depósitos con colecciones de mamíferos y aves conservadas en seco del MLS. Mamíferos 1 (Piso 5, MLS), Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E), Aves (Piso 4, MLS)

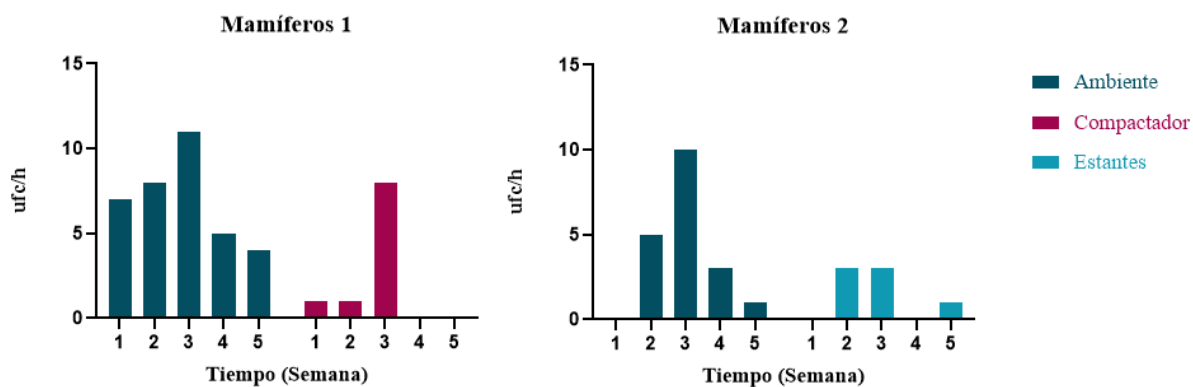


Figura 11. Recuento de hongos miceliales durante 5 semanas en los dos depósitos de las colecciones de mamíferos conservados en seco del MLS. Mamíferos 1 (Piso 5, MLS), Mamíferos 2 (Exterior del Museo, Piso 5 Universidad de La Salle bloque E).

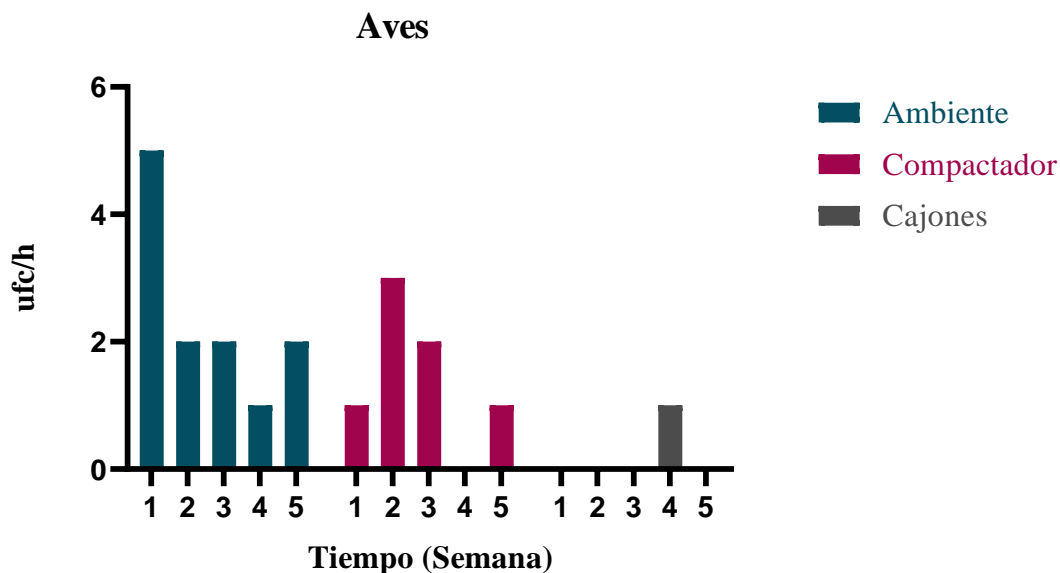


Figura 12. Recuento de hongos miceliales durante 5 semanas en depósito de aves conservadas en seco del MLS. (Piso 4, MLS).

Al relacionar la riqueza de morfotipos con la HR y la temperatura, identificamos que cuando la temperatura bajaba, la HR generalmente subía, y cuando la temperatura aumentaba, la HR disminuía. Además, se observó que en el ambiente había mayor riqueza de morfotipos en los depósitos con mayor HR. En Mamíferos 1 (quinto piso, MLS), se registró la riqueza de morfotipos más alta. En aves, donde la HR superó el 60% pero no fue tan alta (61%), se obtuvo la menor riqueza. Por otra parte, en el compactador, a pesar de que su HR fue la más alta de todos los muestreos, su riqueza no fue tan alta como en los ambientes, lo que puede deberse a que el compactador funciona como una barrera que impide el ingreso de esporas.

4. Discusión

4.1 Presencia o ausencia de hongos miceliales

En estudios, como el realizado por Mazurkiewicz et al. (2024) mostró como las sales de amonio cuaternario causaron una reducción en la adhesión de hongos, y actividad antimicrobiana y por ende se observó una disminución y destrucción de hifas, causando la muerte de la mayoría de los microorganismos. Esto podría explicar por qué en algunos ejemplares previamente tratados con amonio cuaternario, que, aunque fueron limpiados debido a la presencia de hongos, en este estudio no se observó su crecimiento a partir de las muestras tomadas. Los puntos blancos duros podían ser un residuo del amonio cuaternario o restos del hongo muerto.

En las aves por las condiciones más controladas que se tiene, se puede creer que es una razón por la que no se aislaron hongos, ya que todo ejemplar debe ser limpiado y desinfectado al ser manipulado para volverse a guardar (Cristín & Perrilliat, 2011), estos protocolos pueden variar según las condiciones, y el Museo.

4.2 Prevalencia de hongos

La queratina puede ser un sustrato de nutrientes para los hongos, ya que algunos de estos son queratinofílicos (Mary-Lou, 2007). Según Sarmiento et al. (2016), estos hongos son descomponedores, indispensables para el ciclo biológico de la queratina y sus derivados. Y este compuesto puede estar presente en la lana y el pelo, los cuernos, las pezuñas, las uñas (Wang et al., 2016). En un estudio donde evaluaron la degradación, aislaron los hongos que mostraron que eran queratinofílicos, obteniendo como resultado 4 cepas de *Aspergillus* (Derhab et al., 2022). Por otra parte, Hamm et al. (2020) evaluaron otros hongos y se encontró el género con mayor presencia fue *Penicillium*. Esto nos puede explicar mejor por qué *Aspergillus* y *Penicillium* fueron los hongos más dominantes en el material con biodeterioro, otros géneros reportados con actividad queratinolítica que fueron también identificados en el material de conservación Biológica de aves y mamíferos de MLS fueron *Cladosporium*, *Rhizopus*, Micelio estéril (Sarmiento et al., 2016), *Acremonium* (Kumar & Kushwaha, 2021), y *Chaetomium*, aunque se han encontrado pocos estudios relacionada a su actividad queratinolítica.

Géneros como *Aspergillus* y *Penicillium* son abundantes en diversos sustratos entre esos la queratina y ambientes; estos géneros comprenden un gran número de especies, y también cuentan con una amplia distribución ya que se han adoptado a gran variedad de nichos (Cepero De García et al., 2012). Esta adaptación de nichos muestra porque fueron los géneros más abundantes en las muestras obtenidas del material de conservación de aves y mamíferos en el MLS, ya que se observaron en pelo, piel desnuda en mamíferos, y en las patas de las aves.

No se encuentran muchos estudios relacionados a la variación de la presencia de hongos en diferentes estructuras como pelo, y piel desnuda relacionada a los mamíferos. Por esta razón, sería interesante realizar estudios para observar si la prevalencia de hongos está influenciada por las estructuras de la piel. La piel desnuda podría no tener la misma capacidad que el pelo para resguardar y mantener los hongos o sus esporas durante más tiempo

4.3 Riqueza de hongos en el aire

Las esporas del género *Aspergillus* se encuentran entre las estructuras fúngicas más dominantes en el aire, dispersándose tanto a corta como a larga distancia (Krijgsheld et al., 2013). En un estudio realizado en el interior de un centro de desarrollo de ciudad capital del estado de Sonora, ellos reportaron los géneros *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, con una densidad más alta del 15 % (Jiménez-Hernández et al., 2022). En otro estudio realizado en el Archivo Nacional de la República de Cuba, los mismos géneros fueron aislados del aire, con una frecuencia mayor al 10% (Borrego et al., 2007). Esto se relaciona con los géneros que más se observaron en los muestreos pasivos que fueron *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Sclerotinia*. Por otra parte, en el depósito de aves se fumigo con Lysol, mostrando una disminución en la riqueza de morfotipos en el ambiente, este producto tiene como ingredientes agua, propelente, bases orgánicas, perfume, sal de amonio cuaternario e inhibidor de corrosión (Lysol®, n.d.). Investigaciones como la realizada por Freitas et al. (2024) evaluaron la efectividad de diferentes productos donde obtuvieron como resultado que el producto que contenía Amonio Cuaternario 5% tuvo una diferencia significativa con la muestra control reduciendo el porcentaje de crecimiento de hongos miceliales a un 0,07%, mostrando efectividad del uso de estos productos para la regulación de hongos en el ambiente.

4.4 Condiciones de Humedad Relativa y Temperatura

El Museo no contaba con datos relacionados a la Temperatura y Humedad Relativa, por ende, los datos de este estudio no se pudieron comparar con datos previos; además no se tuvieron en cuenta datos como la circulación de personas, porque el Museo no cuenta con datos exactos respecto a esto.

Los hongos pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales como la Temperatura y Humedad, todos los hongos pueden tener condiciones diferentes, por ejemplo, en la Temperatura, la mayoría de los hongos son mesófilos teniendo un rango óptimo entre 10-35°C. Sin embargo, algunos hongos termófilos, pueden crecer a 45°C o más y no crecen por debajo de 20°C. Por otro lado, hay hongos psicrófilos y solo crecen a temperaturas menores a 20°C. Y los psicrotolerantes que pueden crecer tanto en el punto de congelación como a temperatura ambiente, teniendo un gran rango de temperatura (Ali et al., 2017). Con las condiciones a las que fueron encubados los diferentes hongos, todos los hongos son mesófilos, ya que crecieron óptimamente a 25°C, y con las condiciones de los diferentes depósitos, todos tienen condiciones ideales de temperatura para el crecimiento de hongos miceliales.

Por otra parte, la HR ideal para el crecimiento de hongos es la que supera el 60%, y a mayor humedad mayor efectividad de crecimiento. (Gutiérrez-Garaviz et al., 2022). Con los resultados obtenidos de los diferentes depósitos, el depósito de Mamífero 1 (quinto piso MLS), siempre tuvo una HR superior a 60% llegando a superar el 70%, explicando por qué el ambiente fue uno de los depósitos con mayor número de morfotipos; estos datos fueron tomados en el mes de mayo siendo uno de los meses con una alta precipitación (Weather Spark, 2024). El compactador de este depósito redujo la proliferación de hongos, posiblemente debido a su hermeticidad, que disminuye el ingreso de esporas, a pesar de que la HR superó el 60%. En el otro depósito de mamíferos (quinto piso de la Universidad de La Salle), en ambas zonas, la HR también superó el 60% en días con una temperatura más baja. En las colecciones de aves, en ambiente la HR superó el 60%; sin embargo, en el cajón, a pesar de estar cerca de la ventana, nunca superó el 60%, siendo la máxima de 56.2%. Esto podría explicar por qué la riqueza de morfotipos fue de 1 y por qué la mayoría de las aves no mostraron presencia de hongos miceliales, ya que la gran mayoría se conserva en estos cajones.

Pero, en algunos estudios han evaluado que para algunos hongos no se encontró relación de crecimiento o proliferación con la HR y la Temperatura. Según Sadyś et al. (2015) *Aspergillus* y *Penicillium* son géneros que no han demostrado dependencia de los factores climáticos como la temperatura y la humedad. Por otra parte, otros géneros como *Alternaria*, *Cladosporium*, fueron más relacionados a climas con mayor HR y temperaturas bajas.

5. Conclusiones

Las condiciones específicas de HR y temperatura son importantes para el crecimiento de hongos. Con este estudio se observó que cuando la humedad es mayor al 60%, hay una mayor riqueza de morfotipos de hongos miceliales, existiendo un riesgo medio para que suceda Biodeterioro en las colecciones. La variedad de los hongos obtenidos indica que el ambiente es favorable para múltiples géneros como *Aspergillus*, *Penicillium*, lo que resalta la necesidad de monitorear constantemente estos parámetros, y controlar para mantener fuera de los rangos óptimos, para prevenir el crecimiento de hongos y conservar las colecciones de materiales biológicos.

Recomendaciones

Se recomienda hacer una limpieza periódica de los ejemplares de aves y mamíferos conservados en seco; también realizar fumigación periódica del ambiente de los depósitos que conservan el material biológico ya que se observó una disminución de ufc/h en el ambiente, para así lograr conservar las características ideales por más tiempo. Además, se recomienda la eliminación definitiva de mobiliario de madera y de materiales orgánicos que no hagan parte de la colección que puedan convertirse en foco de colonización por microorganismos. Por otra parte, es necesario a mediano plazo, caracterizar las condiciones de humedad relativa y temperatura para poder proponer estrategias para el control de estas dos variables en pro de la conservación de las colecciones. Algunas estrategias para el control de hongos en los ejemplares infectados podrían ser el limpiar los ejemplares con etanol al 70%, según Thacker et al. (2008),

Tomaron muestras de hongos en el Museo de Historia Natural del Condado de Los Ángeles (LACM), los ejemplares que tenían presencia de hongos miceliales los trataron con Etanol 70% sin dejar residuos en las pieles, observando que al hacer cultivos nuevamente, ya no se veía presencia de hongos; es por esto que se podría emplear la limpieza con alcohol, o con amonio cuaternario por los resultados obtenidos en el MLS, aunque observaron la presencia de residuos en las pieles.

Bibliografía (Apa 7ª Edición)

- Ali, S., Fradi, A., & Al-araji, A. (2017). Effect of some physical factors on growth of five fungal species. *European Academic Research*, 5 (9)(2).
- Borrego, S., Pons, V., & Perdomo Ivette. (2007). La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 39 (1).
- Buitrago Rodríguez, J. (1990). *Taxidermia*. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/6253>
- Cárdenas Hincapié, J. (2023, febrero 17). *Colección Número: 133*. Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC). <http://rnc.humboldt.org.co/admin/index.php/registros/detail/2188>
- Carrillo Chavez, L. M., Arias Bermúdez, N., Nieto Venegas, M. J., Pinto Sanchez, N. R., & Patiño, M. C. (2024). Estudio del biodeterioro y evaluación de actividad proteolítica causada por microorganismos en especímenes de una colección zoológica en Colombia. *Conservar Patrimonio*, 45 (1) (2182–9942), 7–20. <https://doi.org/10.14568/cp24895>
- Cepero De García, M., Restrepo, S., Franco-Molano, A., Cárdenas, M., & Vargas, N. (2012). Biología de hongos. *Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias*, 1(1).
- Chaudhary, R., Gautam, I., Tulandhar, R., Badahit, G., Bhandari, B., Rijal, S., Baral, S., & Singh A. (2019). Microbiota Diversity on the Preserved Specimens of Natural History Museum, Swayambhu, Kathmandu, Nepal. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9 (1). <https://doi.org/10.21276/ijpbs.2019.9.sp2.6>
- Cristín, A., & Perrilliat, M. D. C. (2011). Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 63 (3), 421–427. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94321444004>
- Delgado, P. A. M., & Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6 (2), 77–90. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.187>
- Derhab, N., El-Metwally, M. M., Mabrouk, M. E. M., & Mohammad, Y. M. M. (2022). Feather Degrading Fungi: Isolation, Identification And Measuring The Proteolytic Activity Using Solid-State Fermentation Technique. *J. Agric. & Env. Sci. (Damanhour University)*, 21 (2)(2), 1–18. <https://orcid.org/0000-0001-8901-4289>
- Di Giulio, M., Grande, R., Di Campli, E., Di Bartolomeo, S., & Cellini, L. (2010). Indoor air quality in university environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 170(1–4), 509–517. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1252-7>
- Díaz Guaman, J. W. (2016). Códice. *Boletín Científico Y Cultural Del Museo Universitario*, 17(29), 30–41.

- Ezpeleta-Baquedano, C., Barrios-Andrés, J. L., & Delgado-Iribarren García-Campero, A. (2013). Control microbiológico ambiental. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 31(6), 396–401. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2012.03.005>
- Freitas, M. L. de O., Carvalho, D. A. de, & Almeida, R. de S. (2024). Eradication measures and products that inhibit in vitro mycelial growth of the fungus *Neoscytalidium dimidiatum*, the etiological agent of pitaya canker. *Research, Society and Development*, 13(3), e14613345467. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i3.45467>
- García Rodríguez, N., & Morffe Rodríguez, J. (2020). Colecciones para la diversidad biológica. *Poeyana*, 1 (1), 1–9. <http://revistas.geotech.cu/index.php/poey>
- Guiamet, P., Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., & Saravia, S. G. de. (2011). Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentine and at the National Archive of the Republic of Cuba. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 85(2), 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2011.02.031>
- Gutiérrez-Garaviz, J., Patricia Medina, S., Dussan Ortiz, Y. L., Ortiz Díaz, J., Pérez Hernández, L. A., & Duque Cleves, M. G. (2022). Hongos filamentosos presentes en documentos de archivo de algunas alcaldías del departamento del Huila, Colombia. *Revista Del Sistema de Ciencia*, 6 (1), 11–24.
- Guzmán-Martínez, O., & Ramírez-Gaviria, J. J. (2007). Cálculo de la humedad relativa del aire en diferentes horarios, en dos localidades cafeteras colombianas. *Cenicafé*, 58(1), 7–19.
- Hamm, P. S., Mueller, R. C., Kuske, C. R., & Porras-Alfaro, A. (2020). Keratinophilic fungi: Specialized fungal communities in a desert ecosystem identified using cultured-based and Illumina sequencing approaches. *Microbiological Research*, 239 (1). <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126530>
- Herrera, K., Cobar, O., Barrios, R., Pierola, K., Chamalé, W., Rosales, C., Quan, J., Moreno, M., Paxtor, J., & Maas, J. (2015). Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos colecciones biológicas y dos museos de la ciudad de Guatemala. *Revista Científica*, 25(2), 43–58. <https://doi.org/10.54495/rev.cientifica.v25i2.90>
- Jiménez-Hernández, V. G., Guzmán-Grijalva, H. M., García-Navarrete, G., Ramos-Enríquez, J. R., Esquer-Peralta, J., & Alvarado-Ibarra, J. (2022). Microbiota fúngica del aire interior de un Centro de Desarrollo Infantil en zona árida. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 25 (1). <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.447>
- Krijgsheld, P., Bleichrodt, R., van Veluw, G. J., Wang, F., Müller, W. H., Dijksterhuis, J., & Wösten, H. A. B. (2013). Development in *Aspergillus*. *Studies in Mycology*, 74 (1), 1–29. <https://doi.org/10.3114/sim0006>
- Kumar, J., & Kushwaha, R. K. S. (2021). Identification of Keratinophilic Fungi in Urban Waste and Cattle Field Soil of Kanpur, India for Environmental Pollution Management. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(53A), 199–206. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i53a33652>

- Lysol®. (n.d.). *Lysol Aerosol Pureza de Algodón*. Retrieved September 27, 2024, from <https://www.lysol.com.co/productos/aerosoles-desinfectantes-para-superficies/pureza-de-algodon-360ml/#:~:text=Sostenga%20la%20lata%20a%20una,luego%20deje%20secar%20al%20aire>.
- Macip-Ríos, R., López-Alcaide, S., & Muñoz-Alonso, A. (2013). Abundance, habitat, microhabitat use, and time of activity of *Ameiva undulata* (Squamata: Teiidae) in a fragmented landscape in the Chiapas Soconusco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 622–629. <https://doi.org/10.7550/rmb.31752>
- Mary-Lou, E. (2007). PROTEIN FACTS Fibrous proteins in cultural and natural history artifacts. *Archetype Publications*, 1(1).
- Mazurkiewicz, E., Lamch, Ł., Wilk, K. A., & Obłąk, E. (2024). Anti-adhesive, anti-biofilm and fungicidal action of newly synthesized gemini quaternary ammonium salts. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64859-y>
- Nicanor, J., & Ramos, G. (2014). Artículo Original Taxidermia Conceptos: Tendencias, Retos Y Desafíos. *SAGASTEGUIANA*, 2(1), 59–86. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/1808>
- Ossa L, P. A., Giraldo, J. M., López, G. A., Dias, L. G., & Rivera P, F. A. (2012). Colecciones Biológicas: Una Alternativa Para Los Estudios De Diversidad Genética. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 16(1), 143–155.
- Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination. *Journal of Hospital Infection*, 46(4), 241–256. <https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0820>
- Pournou, A. (2020). Biodeterioration of Wooden Cultural Heritage: Organisms and Decay Mechanisms in Aquatic and Terrestrial Ecosystems. *Springer*, 1 (1), 1–538. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-46504-9>
- Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC). (n.d.). *Lista De Colecciones Registradas*. · Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible · Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Sadyś, M., Strzelczak, A., Grinn-Gofroń, A., & Kennedy, R. (2015). Application of redundancy analysis for aerobiological data. *International Journal of Biometeorology*, 59(1), 25–36. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0818-4>
- Sarmiento, M. M., Mangiaterra, M., Bojanich, M. V., Basualdo, J. Á., & Giusiano, G. (2016a). Hongos queratinofílicos en suelos de parques de la ciudad de Corrientes, Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología*, 33(1), 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2015.02.004>
- Sarmiento, M. M., Mangiaterra, M., Bojanich, M. V., Basualdo, J. Á., & Giusiano, G. (2016b). Hongos queratinofílicos en suelos de parques de la ciudad de Corrientes, Argentina. *Revista Iberoamericana de Micología*, 33 (1)(1), 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2015.02.004>

- Simmons, J. E., & Muñoz-Saba, Yaneth. (2005). Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. *Conservación Internacional*, 1 (1), 288.
- Thacker, C. E., Feeney, R. F., Camacho, N. A., & Seigel, J. A. (2008). Mold Removal and Rehousing of the Ichthyology and Herpetology Skeletal Collections at the Natural History Museum of Los Angeles County. *Copeia*, 2008(4), 737–741. <https://doi.org/10.1643/CH-07-179>
- Tišliar, P. (2023). Muzeológia a kultúrne dedičstvo, o.z. *Studia Museologica Slovaca*. *Studia Museologica Slovaca*, 7 (1).
- Trail, P. W., Woodward, A. M., & French, J. H. (2021). Fungus And Feathers: Combatting A Mold Outbreak In An Ornithological Collection. *Collection Forum*, 35(1), 32–47.
- Wang, B., Yang, W., McKittrick, J., & Meyers, M. A. (2016). Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. *Progress in Materials Science*, 76(1), 229–318. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.06.001>
- Weather Spark. (2024, octubre 16). *Datos históricos meteorológicos de 2024 en Bogotá Colombia*. © Cedar Lake Ventures, Inc.
- Wirth, A., Pacheco, F., Toma, N., Tutikian, B., Valiati, V., & Gomes, L. (2019). Analysis of fungal growth on different coatings applied to lightweight systems. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 34 (1). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000100005