



**INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA DIVERSIDAD FÚNGICA
POTENCIALMENTE PATÓGENA DEL HUMEDAL EL SALITRE Y SU IMPACTO
EN LA FLORA Y FAUNA LOCAL EN UN PERIODO DE TRES MESES.**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ DC- OCTUBRE DE 2024**



**INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA DIVERSIDAD FÚNGICA
POTENCIALMENTE PATÓGENA DEL HUMEDAL EL SALITRE Y SU IMPACTO
EN LA FLORA Y FAUNA LOCAL EN UN PERIODO DE TRES MESES.**

**LUISA GABRIELA LONDOÑO FIERRO
LUCIA MARCANO PALACIO
KAREN YIRETH PATARROYO NEME**

**ASESORA INTERNA
LIGIA CONSUELO SÁNCHEZ LEAL**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ DC- NOVIEMBRE DE 2024**



**INFLUENCIA DE FACTORES AMBIENTALES EN LA DIVERSIDAD FÚNGICA
POTENCIALMENTE PATÓGENA DEL HUMEDAL EL SALITRE Y SU IMPACTO EN LA
FLORA Y FAUNA LOCAL EN UN PERIODO DE TRES MESES.**

APROBADA_____

JURADOS_____

ASESORES_____

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ DC- OCTUBRE DE 2024**

DEDICATORIA

Luisa

Dedico esta tesis, en primer lugar, a mis padres, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación diaria. A ellos les debo no solo el impulso para continuar con mis estudios, sino también el amor incondicional con el que me han acompañado en cada paso del camino. A mi madre, quien cada mañana madrugaba conmigo para empacar con cariño mi almuerzo. Su paciencia, comprensión y apoyo constante han sido pilares fundamentales en mi vida. A mi padre, que jamás permitió que saliera de casa sin su bendición. Sus consejos, su fe en mí, y su fuerza me dieron el coraje necesario para enfrentar los desafíos y seguir adelante, aun en los momentos más difíciles. A mi hermano Miguel, mi compañero infaltable en las noches de estudio, por su amor, su apoyo. Su compañía ha sido un refugio, y su cariño, una de las mayores fuerzas que me han permitido seguir creciendo cada día. Gracias a todos ellos, por ser mi motor, mi guía y mi refugio en este largo camino que hoy culmina con la entrega de esta tesis.

Lucia

Dedicó esta tesis, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, fortaleza y fuente de inspiración a lo largo de este camino académico. A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y por creer siempre en mí. A mi madre, por sus sacrificios, su esfuerzo diario para asegurarse de que estuviera bien y pudiera afrontar cada día, su amor inquebrantable y por ser mi mejor amiga. A mi padre, por su apoyo incondicional e inspiración para no rendirme y cumplir mis sueños. A mi hermana menor, por ser mi fuente de alegría y compañera.

A mis amigos, por su compañía, comprensión y por estar siempre ahí para mí, brindándome ánimo y apoyo.

Finalmente, dedico esta tesis a mí misma y a mis amigas con quienes la realicé, por nuestro esfuerzo, dedicación y por demostrar que, con determinación y fe, cualquier meta es alcanzable.

Karen

Este trabajo es dedicado a mis padres, quienes siempre han estado a mi lado y me acompañan a cumplir cada uno de mis sueños; a mi papá que siempre me da palabras de amor y de orgullo que me ayudan a seguir adelante y ser mejor persona; a mi mamá mi fiel compañera en mañanas, tardes y noches, quien me alentó cuando era necesario y celebro cuando valía la pena; a mis hermanos que me escucharon y motivaron cada vez que sentía que no podía más; a mi mejor amiga que hizo parte del proceso sin entender el que se hacía, a ustedes gracias por estar, por permanecer, por acompañar y hacer parte de esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar, a la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, que no solo nos brindó el espacio y los recursos necesarios para nuestra formación, sino que también fue un punto de encuentro para forjar nuestra amistad que perdurará más allá del laboratorio.

Un reconocimiento especial a la profesora Ligia Consuelo Sánchez Leal, nuestra asesora de tesis, por su guía incondicional, su paciencia y sus valiosas enseñanzas. Su compromiso con nuestro trabajo y su entusiasmo por vernos crecer académica y profesionalmente han sido una fuente constante de motivación. Gracias por cada conversación, por las correcciones detalladas y por ser siempre un pilar de apoyo durante este proceso.

Agradecemos a la vida por habernos cruzado en el camino, las mejores compañeras de tesis, compartiendo no solo largas horas de investigación y redacción, sino también risas, desafíos y logros. Haber tenido la oportunidad de conocernos y trabajar juntas ha sido una de las experiencias más enriquecedoras de este camino. Su compañerismo, dedicación y amistad hicieron de este proyecto una labor colaborativa y significativa.

A todos ustedes, nuestros más profundos agradecimientos.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	8
Resumen	9
Introducción	11
Objetivo	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
1. ANTECEDENTES	15
2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1 Humedales: Definición y características	20
Figura 1. Los tres tipos de humedales según convención Ramsar, Tomado de Humedales Chiloé 2010, SuD Sostenible 2019 y ANSE 2019.	20
2.2. Humedal el Salitre: Un ecosistema único	21
Figura 2. Localización del Área Protegida del Parque Ecológico Distrital de Humedal El Salitre. Tomada de Acueducto, 2023.	22
2.3 Importancia del humedal	22
Figura 3. Ejemplo de especies de aves avistadas en el humedal El Salitre, Tomado de Guía de aves del Humedal El Salitre 2021.	23
2.4 Zonificación del humedal	23
Zona acuática	23
Zona terrestre	24
2.5 Microorganismos presentes en el humedal	24
2.6 Hongos	25
Hongos terrestres	25
Hongos fitopatógenos	26
Tabla 1. Hongos fitopatógenos en ambientes acuáticos, en algunos países latinoamericanos, Tomado de Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica, 2021.49	27
Tabla 2. Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres, en algunos países latinoamericanos, Tomado de Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica, 2021.49	28
2.7 Factores ambientales que modulan el desarrollo fúngico	28
3. DISEÑO METODOLÓGICO	29
3.1 Universo, población y muestra	29
3.2 Hipótesis, variables, indicadores	29
3.3 Técnicas y procedimientos	30
3.3.1. Autorización, reconocimiento y mapeo de la zona	30
3.3.2. Recolección de base de datos ambientales	30
3.3.3. Procedimiento de recolección de muestras de la vegetación	31
Figura 7. Diagrama de procedimiento para la recolección de muestras de la vegetación.	32
3.3.4. Procesamiento de las muestras vegetales recolectadas del Humedal El Salitre, ubicado en la localidad de Barrios Unidos	32
Desinfección	33

Alistamiento de la cámara húmeda	33
Siembra en los medios de cultivo	33
3.3.5. Identificación de los hongos obtenidos en las muestras recolectadas del Humedal El Salitre, ubicado en la localidad de Barrios Unidos:	34
Figura 8. Diagrama de procedimiento para la identificación de microorganismos fúngicos presentes en el humedal El Salitre.	35
3.3.6. Análisis de la Relación entre Géneros de Hongos, Fitopatógenos y Micosis en el humedal:	35
4. RESULTADOS	36
4.1 Identificación de los géneros de hongos aislados en el humedal El Salitre	36
Tabla 3 Hongos aislados durante el primer muestreo según las especies de flora en el humedal El Salitre.	37
Tabla 4. Hongos aislados durante el segundo muestreo según las especies de flora en el humedal El Salitre.	38
4.2 Relación de la influencia de los factores ambientales sobre la diversidad fúngica encontrada en el Humedal El Salitre.	40
Figura 9. Representación gráfica de los % de la temperatura registrada	40
Figura 10. Representación gráfica de los % de la humedad registrada	40
Figura 11. Representación gráfica de los % de la precipitación registrada	41
Tabla 5. Relación de los géneros de hongos identificados con los factores ambientales	41
4.3 Correlación de los géneros de hongos encontrados con enfermedades fitopatógenas específicas en la flora y micosis en la fauna del humedal	44
Tabla 6 . Correlación de hongos posiblemente patógenos con enfermedades fitopatógenas y micosis	44
5. DISCUSIÓN	45
6. CONCLUSIONES	51
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
8. ANEXOS	63
Anexo 1. Figura 6. Humedal El Salitre y zonificación del área. Imagen de autoría propia. 2023	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Los tres tipos de humedales según convención Ramsar, Tomado de Humedales Chiloé 2010, SuD Sostenible 2019 y ANSE 2019.	19
Figura 2. Localización del Área Protegida del Parque Ecológico Distrital de Humedal El Salitre. Tomada de DECA, adaptado Consorcio JA, 2016.	21
Figura 3. Ejemplo de especies de aves avistadas en el humedal El Salitre, Tomado de Guía de aves del Humedal El Salitre 2021.	22
Figura 4. Amanita muscaria. Hongo formador de micorrizas en árboles. Imagen de autoría propia. 2023	25
Figura 5. Cymatoderma caperatum. Hongo saprobio degradador de materia orgánica. Imagen de autoría propia. 2023	25
Figura 6. Humedal El Salitre y zonificación del área. Imagen de autoría propia. 2023	30
Figura 7. Diagrama de procedimiento para la recolección de muestras de la vegetación.	31
Figura 8. Diagrama de procedimiento para la identificación de microorganismos fúngicos presentes en el humedal El Salitre.	34
Figura 9. Representación gráfica de los % de la temperatura registrada	39
Figura 10. Representación gráfica de los % de la humedad registrada	39
Figura 11. Representación gráfica de los % de la precipitación registrada	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hongos fitopatógenos en ambientes acuáticos, en algunos países latinoamericanos, Tomado de Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica, 2021.22	27
Tabla 2. Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres, en algunos países latinoamericanos, Tomado de Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica, 2021.22	28
Tabla 3 Hongos aislados durante el primer muestreo según las especies de flora en el humedal El Salitre.	37
Tabla 4. Hongos aislados durante el segundo muestreo según las especies de flora en el humedal El Salitre.	38
Tabla 5. Relación de los géneros de hongos identificados con los factores ambientales	41
Tabla 6. Correlación de hongos posiblemente patógenos con enfermedades fitopatógenas y micosis	44



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA

**INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES EN LA DIVERSIDAD
FÚNGICA DEL HUMEDAL EL SALITRE Y SU IMPACTO EN LA BIODIVERSIDAD
DE LA ZONA EN UN PERIODO DE TRES MESES.**

Resumen

Los humedales son cuerpos de agua que permanecen en inundación durante un tiempo prolongado; se dividen en dos tipos, naturales y artificiales. Cada humedal alberga gran diversidad de microorganismos, fauna y flora; que comparten una relación biótica; con el paso del tiempo las condiciones fisicoquímicas y ambientales del humedal varían, afectando directamente la biodiversidad. Algunas de las funciones más importantes de estas relaciones bióticas son la purificación de agua, conservación de nutrientes, refugio de especies, regulación de ciclos biogeoquímicos, mitigación del cambio climático, entre otras. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de los factores ambientales del humedal El Salitre en la diversidad de hongos potencialmente patógenos y su interacción con la salud de la flora y fauna de la zona en un periodo de tres meses. La investigación se realizó con un enfoque experimental cualitativo, que abarcan la recolección de datos ambientales mediante el uso de bases de datos de reporte ambiental y toma de muestras de plantas que presentaran síntomas de infecciones fúngicas, se buscó identificar patrones y relaciones en hongos potencialmente patógenos y los factores ambientales.

Los resultados demuestran que la variabilidad de factores ambientales podría llegar a influir en la diversidad fúngica del humedal, afectando la flora y fauna del ecosistema. Los humedales no solo son esenciales para la preservación, sino

también para la estabilidad de los procesos ecológicos, subrayando la necesidad de proteger estos ecosistemas frente a cambios ambientales cada vez más intensos.

Palabras clave:

Humedales, biodiversidad, preservación, deterioro, biocenosis.

Estudiantes: Luisa Gabriela Londoño Fiero, Lucia Marcano Palacio y Karen Yireth Patarroyo Neme

Profesora:

Ligia Consuelo Sánchez Leal

Fecha: Octubre de 2024

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Introducción

Los humedales son ecosistemas vitales que albergan una gran biodiversidad y proporcionan beneficios como la purificación del agua, regulación del clima, refugio de especies, entre otros. En Bogotá existen 15 humedales reconocidos por la Fundación Humedales Bogotá (FHB), incluyendo el humedal el Salitre, un humedal artificial con una gran diversidad de fauna y flora, además de contar con la mejor calidad de agua según la Fundación Humedales Bogotá. Este humedal fue declarado Parque Ecológico Distrital de Humedal mediante el acuerdo 487 de 2011¹ y en 2020 registró 30 especies de aves, convirtiéndose en el cuarto humedal con mayor número de aves en Bogotá.²

Hace parte de los humedales urbanos en Bogotá D.C siendo un ecosistema singular, se encuentra inserto en un contexto de alta intervención urbana al estar rodeado de sitios especiales para la recreación y actividad deportiva,³ ejemplifica la fragilidad de estos sistemas, donde factores abióticos como temperatura, precipitación y cambios en la composición del suelo interactúan con la creciente urbanización, generando cambios en la estructura y función ecosistémica. Se evidencia su crítica situación ecológica gracias a la intervención humana a la que ha sido sometido a lo largo de los años, por ejemplo, con la construcción de la pista de BMX, que ocupa 324.195 m² a escasos metros del humedal, representa un riesgo significativo para la biodiversidad, particularmente para las 106 especies de aves registradas, afectadas potencialmente por ruido y alteración del hábitat.⁴

Para 2014, la Secretaría de Ambiente de Bogotá declaró que el terreno conocido como Salitre El Greco no era un humedal oficial, clasificándose como parte de la estructura ecológica principal destinada a actividades recreativas y de conservación, ignorando sus funciones vitales de humedal.⁵

Para el año 2018 se concluyó el “*Plan de Manejo Ambiental del Humedal El Salitre*” sin firma de la Secretaría Distrital de Ambiente, y que dejó para la misma fecha un vacío legal que facilitaron las intervenciones irregulares antes y después de su implementación en el 2019.⁶

Durante este periodo el director del IDRD, Mauricio Reina desestimó la relevancia del humedal al declararlo como "un cuerpo de agua", agravando la situación, ignorando su declaratoria como Parque Ecológico Distrital mediante el Acuerdo 487 de 2011.⁷

Para el 2024, el humedal El Salitre enfrenta múltiples vulnerabilidades que afectan su equilibrio ecológico; entre los principales problemas se encuentra la contaminación hídrica debido a vertimientos ilegales y acumulación de residuos sólidos, lo que degrada la calidad del agua y pone en riesgo la fauna y flora del lugar. Además, la expansión urbana ha fragmentado el ecosistema, limitando su conectividad con otros espacios verdes y afectando su biodiversidad.⁸

La presión humana es otra amenaza importante, ya que actividades no reguladas como eventos recreativos y urbanización generan compactación del suelo y pérdida de vegetación. A pesar de su importancia para la regulación hídrica y el soporte de especies, el área no cuenta con la categoría oficial de humedal en las reservas distritales, lo que dificulta su protección legal y deja el ecosistema expuesto a intervenciones que comprometen su integridad ecológica.^{9,10} Consecuentemente, el ecosistema ha experimentado una dramática degradación: sus niveles de agua han disminuido drásticamente, causando la desaparición de especies como tinguas, patos y peces, mientras el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) invade el vaso hidráulico, acelerando su deterioro.^{11,12,13}

Cada humedal se debe entender como un ecosistema individual, con especies, climas y relaciones bióticas únicas. Los cambios ambientales afectan las propiedades del ecosistema y la colonización de hongos.¹⁴ Según varios estudios como "*Environment Changes, Aflatoxins, and Health Issues, a Review*" el clima es un factor determinante para la colonización de hongos, pues en temporadas de inundación o sequía se altera su crecimiento, proliferación y colonización.¹⁵

Los hongos juegan un papel esencial en el buen funcionamiento del humedal, pues tienen funciones vitales en los ciclos biológicos, pero también la alteración, proliferación y desequilibrio de la diversidad fúngica puede afectar negativamente la biodiversidad de la zona.^{2,16} Es así que conocer cómo estos factores influyen en la diversidad fúngica es de importancia para su conservación. Los hongos poseen la capacidad de adaptarse a una gran variedad de ambientes, ecosistemas y hospederos;¹⁷ en los últimos años se ha visto un aumento en los casos de enfermedades fúngicas en animales silvestres y enfermedades fitopatógenas.¹⁸ Resaltando la importancia de comprender los mecanismos que pueden modular la dinámica de los hongos en el humedal El Salitre.

La situación del humedal El Salitre evidencia la urgente necesidad de fortalecer su protección legal y ambiental. La falta de reconocimiento oficial como humedal, sumada a decisiones políticas y vacíos normativos, ha acelerado su degradación ecológica, afectando su biodiversidad y funciones clave como la regulación hídrica.^{1,3}

Mediante este estudio se buscó evaluar la influencia de los factores ambientales del humedal El Salitre en la diversidad de hongos potencialmente patógenos y su relación con la salud de la flora y fauna de la zona.

Objetivo

Objetivo general

Evaluar la influencia de los factores ambientales del humedal El Salitre en la diversidad de hongos potencialmente patógenos del humedal y su interacción con la salud de la flora y fauna de la zona en un período de tres meses.

Objetivos específicos

1. Identificar los géneros de hongos potencialmente fitopatógenos presentes en el humedal El Salitre.
2. Relacionar la influencia de los factores ambientales presentes en el humedal El Salitre con la diversidad fúngica encontrada.
3. Asociar los géneros de hongos potencialmente patógenos con enfermedades fitopatógenas específicas en la flora y micosis en la fauna del humedal.

1. ANTECEDENTES

Bajo el panorama colombiano, los estudios realizados sobre la diversidad de microorganismos en humedales en Colombia se remontan al inicio de los años 2000. En el 2001 se presenta el primer acercamiento sobre las interacciones del ecosistema con los factores ambientales, en un estudio realizado por César Augusto Castellanos, se destacó que los humedales son ecosistemas con interacciones complejas entre flora, fauna y microorganismos; vulnerables a factores ambientales y humanos.²⁴

Otro ejemplo fue el estudio titulado “*Calidad bacteriológica del agua del humedal de jaboque, Bogotá, Colombia*” realizado por Ávila de Navia, S. L. y colaboradores en el año 2006; en donde se concluyó que la diversidad microbiana estaba significativamente afectada por las descargas de aguas residuales, además existía una influencia directa de los indicadores de contaminación con el impacto negativo en microorganismos nativos y en las cadenas tróficas dependientes de ellos. Estos resultados indicaron una disminución en la diversidad de microorganismos debido al aumento de especies resistentes a las condiciones contaminantes, lo que alteró las dinámicas naturales del ecosistema.²⁵

En el 2011 Ibarguen DER y colaboradores realizaron un estudio que tenía como objetivo caracterizar los hongos antagónicos de tres humedales superficiales, utilizados en el tratamiento de aguas residuales en el municipio de Ginebra en Cali, aislando hongos de los géneros pertenecientes a *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., entre otros. Concluyendo que se lograron identificar hongos y bacterias presentes además de resaltar la relación antagónica que podía existir entre estos microorganismos. Los autores destacaron que “Los humedales observados poseen un gran potencial biotecnológico; allí se encuentran géneros fúngicos de importancia económica, como son los géneros *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. por su producción de antibióticos, el género *Trichoderma* spp. y *Paecilomyces* spp. los cuales son usados en el control biológico de microorganismos insectos.” Estos resultados contribuyen a la hipótesis de que existe una diversidad de microorganismos en los humedales de Colombia, especialmente de origen fúngico.²⁶

Para el año 2014, Buitrago SM y colaboradores realizaron un estudio de cuatro humedales de Bogotá, Torca, Guaymaral, Córdoba y La Conejera, teniendo como objetivo el aislamiento de microorganismos amilolíticos, celulolíticos y ligninolíticos. Se lograron identificar 27 cepas de bacilos Gram positivos, 17 cepas de Gram negativos y 7 cepas de hongos. Entre ellos se destacan los microorganismos amilolíticos, donde principalmente se encontraron bacterias pertenecientes al género *Bacillus* sp., además de *Acinetobacter* sp. y *Aeromonas hydrophila*; los celulolíticos abarcan organismos como *Cytophaga* sp., *Pseudomonas* sp., *Cellulomonas* sp., y *Thermomonospora* sp. y por último en los ligninolíticos se destaca la presencia de hongos como *Phanaerochaete chrysosporium*, *Pleurotus* sp. además de bacterias como *Arthrobacter* sp. y *Flavobacterium* sp.²⁷

En 2019 se llevó a cabo una investigación por Cabrera Amaya DM y López Cruz JW, con ayuda del del jardín botánico, con el objetivo de reconocer la riqueza de flora y vegetación acuática y terrestre del humedal El Salitre. En su investigación postularon que el conocimiento de las condiciones de la vegetación era limitado. Además, destacaron que, a pesar de su limitada cobertura, el humedal presentaba comunidades típicas de ecosistema de humedal. Antes de la investigación realizada se desconocía o eran limitados los conocimientos sobre las interacciones de la vegetación en la zona. Al final, se concluye que el número de especies vegetales exóticas es bajo en comparación con otros humedales de la sabana de Bogotá. Aun así, los resultados mostraron una riqueza mayor a la esperada, lo que indicó que el humedal cuenta con buenas condiciones de hábitat para el desarrollo de especies.²⁸

En el mismo año, Mosquera S y colaboradores realizaron una investigación sobre microorganismos en humedales colombianos, centrándose en su capacidad para actuar como bioindicadores de la calidad del agua. Se identificaron comunidades bacterianas como *Escherichia coli* y *Pseudomonas* spp. en humedales urbanos como Jaboque y Tibabuyes, asociadas a la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos.²⁹

A la par se consolidó en el Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital de Humedal El Salitre,³⁰ indicando que se debía asegurar la preservación del ecosistema sobre cualquier otra actividad realizada en la zona. El humedal se dividió en dos zonas; la primera es la denominada zona de restauración ambiental, que consta de un área de 1.26 hectáreas y abarca vegetación mixta, árboles, arbustos tanto de flora nativa como invasora, presentando especímenes como: *Acacia* spp., *Amarrabollo*, *Brugmansia arborea*, *Cucurbita* spp., *Eucalyptus* spp., *Fuchsia boliviana*, *Meriania nobilis*, *Pennisetum clandestinum*, *Pinus patula*, *Podocarpus oleifolius*, *Sinclairia sublobata*, entre otros.³¹

Aunque hay gran biodiversidad en el humedal, el conocimiento actual sobre los hongos existentes en él es limitado, así como su impacto con los demás organismos vivos del ecosistema. Un estudio realizado en 2020 por Estupiñán Torres SM y colaboradores, destacó la presencia de una gran diversidad de microorganismos en el humedal, sugiriendo que una investigación más profunda brindaría información valiosa sobre sus efectos en los organismos vivos. Por lo tanto, es necesario desarrollar un estudio que explique y dé a conocer las condiciones ambientales que se encuentran en el humedal el Salitre, cómo éstas influyen en la diversidad fúngica y su relación con la flora y fauna especialmente sobre el impacto patológico que podrían tener.³²

Para el mismo año Sánchez Castelblanco, E. M. y colaboradores, realizaron un estudio que tenía como objetivo “*aislar a partir de cinco humedales en Bogotá, cepas microbianas con capacidad para producir enzimas*”, se aislaron 55 cepas bacterianas amilolíticas y celulolíticas, la investigación reportó la presencia de *Bacillus amyloliquefaciens*, *Yersinia massiliensis* y *Stenotrophomonas nitritireducens* por primera vez, resaltando la biodiversidad de los humedales en Bogotá, además, el estudio refuerza la importancia de continuar con la bioprospección en humedales gracias a la identificación de microorganismos con propiedades útiles en los humedales. La relevancia de los microorganismos aislados centrados en su potencial biotecnológico para suplir diversas necesidades industriales y el aprovechamiento sostenible de estos ecosistemas.³³

En el 2021 se realizó el último y más actualizado, Informe de Gestión de parques Ecológicos Distritales de Humedales del parque ecológico distrital de El Salitre,¹¹ cuyo objetivo fue presentar los avances en la gestión y el estado actual del humedal. Se identificaron diez coberturas: una cobertura antrópica, un cuerpo de agua y ocho coberturas vegetales. Durante este período se avistaron veintidós especies de aves, una especie de rata noruega urbana (*Rattus norvegicus*), una especie de ratón (*Mus musculus*) y una especie de anfibio la rana sabanera (*Dendropsophus molitor*). Estos hallazgos evidencian la biodiversidad que alberga el humedal El Salitre en cuanto a fauna.

Li W et al en 2023,¹⁹ describieron los cambios estacionales en la diversidad fúngica de un humedal costero de agua dulce y la relación que existe con los factores ambientales como temperatura y humedad. Concluyeron que las comunidades fúngicas presentaban dinámicas estacionales, según la estación y el lugar de muestreo. En verano se observó un aumento de hongos saprófitos; estos comportamientos fueron influenciados por las actividades humanas y las condiciones climáticas, que afectaron directamente las características fisicoquímicas del agua. Para finalizar, mencionan la importancia de generar estrategias sólidas de conservación y manejo para la preservación y el cuidado de los humedales.

En la actualidad, la importancia de la conservación de los humedales ha cobrado fuerza debido a la creciente preocupación por las enfermedades fúngicas emergentes,^{34,35,36}. Los estudios realizados en el humedal El Salitre concluyen que existe una amplia diversidad de fauna, flora y microorganismos, como menciona Estupiñán Torres,³² *“Se identificaron una gran variedad de microorganismos, que muestran la diversidad bacteriana y brindan información para su posible utilización en el campo de la biotecnología y la indicación biológica e interés sanitario pues afectan la salud humana y nutriente de otros organismos que utilizan el recurso hídrico”*. Sin embargo, no existen investigaciones que correlacionen la interacción biótica entre todos los organismos del ecosistema. Esto resalta la necesidad de desarrollar estudios que aborden estas interacciones para comprender mejor cómo los factores ambientales afectan la biodiversidad y la salud del ecosistema en conjunto.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Humedales: Definición y características

Para poder definir que es un humedal, es necesario comprender su composición; según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.³⁷ Este tiene tres factores fundamentales, además de la interacción de especies y el ambiente abiótico.³⁸ Estos factores son la hidrología, vegetación y los suelos, los cuales permiten clasificar los tipos de humedales que pueden llegar a existir. Esto se basa en la Ley 357 de 1997, que incorporó a la legislación nacional la Convención Ramsar²² donde en el Artículo 1, párrafo 1 se define humedal como³⁹ “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

Se destaca que el factor fundamental para determinar un ecosistema como humedal es la importancia en la hidrología, es decir, el cuerpo de agua. Este debe permanecer de forma permanente o estacional en condiciones de inundación. Según la Convención Ramsar, se identifican 42 tipos de humedales, agrupados en tres categorías (Ver figura 1):⁴⁰

1. *Marinos y Costeros*: Caracterizados por aguas saladas.
2. *Continental*: Provenientes de ríos y/o arroyos.
3. *Artificiales*: Creados por las condiciones ambientales y la intervención humana.



Figura 1. Los tres tipos de humedales según convención Ramsar, Tomado de Humedales Chiloé 2010, SuD Sostenible 2019 y ANSE 2019.

La vegetación de estos humedales desempeña un papel fundamental, estas plantas pueden crecer dentro del cuerpo de agua y adaptarse al entorno acuático. Una de las especies vegetales más importantes en los humedales es el junco,⁴¹ que crece específicamente en zonas pantanosas. Además de prosperar en estos ecosistemas acuáticos, el junco actúa como un filtro natural, ayudando en la limpieza y retención de contaminantes del agua.

El suelo o la zona que rodea el componente hidrológico del humedal donde no hay presencia del cuerpo de agua, alberga la mayor variación de flora y fauna. Esta área es especialmente importante durante las épocas de migración, cuando distintas especies de aves llegan en busca de refugio y reproducción.^{42,43,44}

2.2. Humedal el Salitre: Un ecosistema único

Desde la promulgación de la Ley 357 De 1997, Colombia ha adoptado el convenio Ramsar, buscando integrar humedales para su protección y preservación. Este esfuerzo inició con el Decreto 190 De 2004, que establece el plan de ordenamiento territorial. En su capítulo 2, dedicado a la Estructura Ecológica Principal, se adopta el término “Parque Ecológico Distrital”. Según el decreto, es un área de alto valor escénico y/o biológico destinada a la preservación, restauración y aprovechamiento sostenible de sus elementos biofísicos para educación ambiental y recreación pasiva. En consonancia con este documento, el Acuerdo 487 de 2011 del concejo de Bogotá D.C declara el área inundable “El Salitre”, ubicada al interior del Parque.

Según Pulido et al⁴⁵ el cuerpo de agua de este humedal no presenta vertimientos de aguas residuales y solo se alimenta de pluviales y de escorrentía. Esto le confiere características únicas, con niveles de contaminación y variables distintas a otros humedales de la ciudad.

La historia del humedal se remonta a inicios de los años 60 y 70, el cuerpo de agua es producto de una excavación con el objetivo de convertirlo en un lago de recreación. Posteriormente, pasó a adquirir propiedades de un ecosistema de humedal. Debido a su historia es considerado como un humedal artificial que posee 3.42 hectáreas.⁴⁶ Se encuentra ubicado en la localidad de Barrios Unidos, dentro del Parque Recreodeportivo El Salitre, limita al norte con el Barrio José Joaquín Vargas y el conjunto El Labrador. Al occidente con los parques Cici Aquapark y Salitre Mágico y la Avenida 68, al sur oriente con la Policía Ambiental Ecológica (Ver figura 2).



Figura 2. Localización del Área Protegida del Parque Ecológico Distrital de Humedal El Salitre. Tomada de Acueducto, 2023.

2.3 Importancia del humedal

De los 15 humedales registrados en Bogotá, El Humedal El Salitre, es el más pequeño y el único humedal artificial de la ciudad; además posee el agua más limpia de todos los humedales de Bogotá. Es importante mencionar que, debido a su ubicación, desempeña un papel fundamental como fuente primaria de agua y también ayuda a mitigar las inundaciones causadas por fenómenos naturales, como señala el Instituto Humboldt.³⁷

Según Caicedo et al⁴⁷ en Colombia el 32,8% de las aves acuáticas son especies migratorias, y los hábitats más utilizados por las aves son los humedales. Su llegada a estos ecosistemas se da principalmente en busca de alimento y refugio.

Entre las especies más importantes de aves se encuentran la tingua bogotana (*Rallus semiplumbeus*), especie única de la sabana de Bogotá, el vaco cabecinegro (*Tigrisoma fasciatum*), el chávarri (*Chauna chavaria*) y la garza blanca (*Ardea alba*). Además, los humedales son considerados espacios de cultura y biodiversidad para la comunidad.

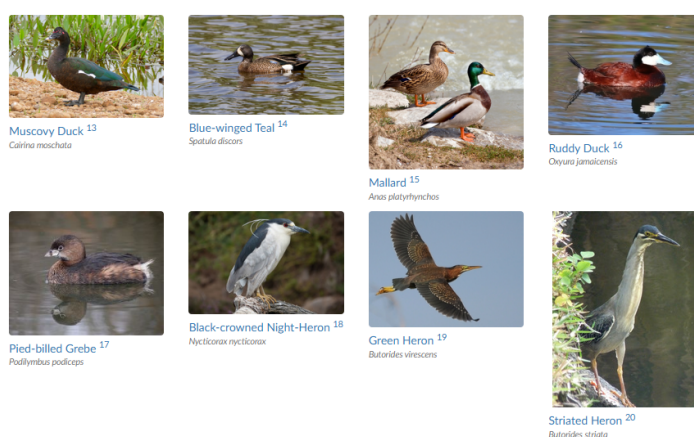


Figura 3. Ejemplo de especies de aves avistadas en el humedal El Salitre, Tomado de Guía de aves del Humedal El Salitre 2021.

2.4 Zonificación del humedal

Zona acuática

La zona inundable del Humedal El Salitre abarca 13.208,85 m² con una profundidad media inferior a 1.5 metros. Este humedal depende exclusivamente de las precipitaciones, recibiendo agua principalmente durante dos periodos de alta precipitación: marzo a mayo y octubre a noviembre, y experimentando dos periodos secos: enero-febrero y julio-agosto.³⁷

En esta área acuática, se encuentran una variedad de especies de flora y fauna. Sin embargo, en el primer semestre del año 2021, se identificó una alta presencia de especies invasoras de flora en el cuerpo de agua. Ante esta situación, el gobierno implementó intervenciones y un constante mantenimiento en la lámina de agua para controlar y mitigar la proliferación de estas especies invasoras.¹¹

Zona terrestre

Según el Informe Análisis De Resultados De Los Monitoreos De La Biodiversidad Año 2021 del Parque Ecológico Distrital de Humedal El Salitre, se caracterizaron tres coberturas vegetales: macrófitas, herbazales inundables y arbustales abiertos. Se registraron un total de 74 especies vegetales distribuidas en 45 familias. Se destacan la familia *Asteraceae* con 10 especies, la *Fabaceae* con 11 especies y la familia *Solanaceae* con 4 especies.

En cuanto a la flora, el análisis encontró: 3.075 individuos con un total de 73 especies distribuidas en 65 géneros y 33 familias. Los principales grupos son *Magnoliophyta* con 69 especies, 62 géneros y 30 familias, *Pinophyta* 1 especie, 1 género y 1 familia y *Polypodiophyta* con 2 familias, 2 géneros y 3 especies. Además de especies nativas, se identificaron especies exóticas y endémicas, lo que plantea problemas en el suelo, por la competitividad de especies invasoras y nativas.¹¹

2.5 Microorganismos presentes en el humedal

El estudio realizado por Estupiñán et al en el 2020³² sobre la calidad del agua del Humedal El Salitre, reveló la presencia de varios microorganismos indicadores de contaminación de origen fecal, es decir coliformes, incluyendo microorganismos como:

Enterococcus spp.

Escherichia coli

Aeromonas spp.

Pseudomonas spp.

Hasta el momento, no se ha reportado la presencia de microbiota en el suelo o en la fauna del humedal. Es importante señalar que el ecosistema del humedal no solo alberga microorganismos indicadores de contaminación fecal, sino también parásitos, hongos, virus y otros microorganismos que desempeñan roles clave en el equilibrio del ecosistema.^{2, 20, 21,25, 26, 27, 29, 48}

2.6 Hongos

Los hongos, son organismos heterótrofos, desempeñan un papel fundamental en la dinámica de los ecosistemas. Su presencia y actividades impactan en diversos aspectos. Adaptados a una amplia gama de ambientes, los hongos están presentes en casi todos los ecosistemas existentes.^{49, 50} La estructura básica de la mayoría de los hongos es el micelio, que no solo les permite obtener nutrientes de diversas fuentes, sino que también son fundamentales en la descomposición de la materia orgánica, convirtiéndola en dióxido de carbono y moléculas más pequeñas. Esta función es esencial para la recirculación de nutrientes y la fertilidad del suelo, además de influir en la disponibilidad de recursos para otras formas de vida.⁵¹

Sin embargo, la influencia de los hongos no siempre es positiva. Algunas especies actúan como patógenos, causando enfermedades en plantas y animales, lo que puede afectar la estructura y dinámica de las comunidades biológicas. Dado que los hongos regulan procesos ecosistémicos clave, es importante entender cómo los factores ambientales, alteran su distribución y abundancia, afectando las interacciones ecológicas y los servicios que proporcionan a los ecosistemas, subrayando la importancia de estudiar su ecología y función en los sistemas naturales.⁵²

Hongos terrestres

El suelo es la superficie de corteza terrestre que conforman el hábitat vital para una amplia variedad de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos, levaduras, virus y plantas. Estos microorganismos son fundamentales en la salud y funcionamiento de los ecosistemas, al contribuir con componentes químicos y orgánicos esenciales para su mantenimiento.⁵³

Entre los hongos terrestres, las micorrizas,⁵⁴ son especialmente importantes porque se asocian con las raíces de las plantas para proporcionar minerales, protección contra parásitos del suelo y resistencia a la sequía. Durante los períodos de lluvia en el humedal El Salitre, se observa una proliferación de estos hongos micorrízicos, lo que sugiere mejoras en las condiciones ambientales del ecosistema.

También se encuentran hongos saprobios del suelo, que son claves para la descomposición de restos vegetales como hojas, ramas y madera. Este proceso es esencial para mantener la salud de los ecosistemas, al eliminar desechos orgánicos y evitar la acumulación de materia orgánica muerta, especialmente durante las épocas de lluvia.⁵⁵

Hongos fitopatógenos

Los ambientes acuáticos facilitan la diversidad de hongos, tanto benéficos como patógenos, incluyendo aquellos hongos capaces de colonizar materia vegetal, árboles y plantas. En Colombia y Perú, se han reportado en mayor medida hongos pertenecientes a los géneros de *Aspergillus* spp., *Curvularia* sp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp. y *Rhizopus* spp. algunos de los cuales son fitopatógenos cosmopolitas.^{56,57}

El transporte de estos microorganismos se realiza dependiendo de su tipo de reproducción, si es sexual como lo es en el caso de *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp. y *Rhizopus* spp. se realiza por medio de esporas, pero en el caso de *Aspergillus* spp. y *Curvularia* sp. que es asexual se da por medio de conidios, el tránsito de la forma de reproducción se puede generar por aire y agua; así como por la fauna mediante su desplazamiento, heces y enfermedades de transmisión fúngica.^{49,54} La diversidad y cantidad de estos hongos dependen de factores que deben ser analizados en conjunto por las interacciones bióticas del entorno, como la temperatura, la contaminación, la ubicación, vegetación ribereña, estacionalidad y el clima que tienen un mayor impacto en el comportamiento y composición de los hongos.¹⁹

La presencia de hongos fitopatógenos representa un desafío significativo en diversos ambientes. Según lo señalado por Becerra Aguilera A y colaboradores, es fundamental analizar las variables que influyen en su comportamiento y distribución, lo que resalta la necesidad de desarrollar estudios que proporcionen información relevante sobre la aparición de estos microorganismos en distintos entornos. En este contexto, las tablas 1 y 2 ilustran los hongos fitopatógenos acuáticos y terrestres identificados en su investigación.⁴⁹

Tabla 1. Hongos fitopatógenos en ambientes acuáticos, en algunos países latinoamericanos, Tomado de Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica, 2021.⁴⁹

Tipo De Agua	País	Microorganismo
Agua Dulce	Colombia	<i>Aspergillus flavus</i>
	Argentina	<i>Fusarium</i> sp.
	Ecuador	<i>Mucor</i> sp.
		<i>Aspergillus fumigatus</i>
Agua Dulce	Argentina	<i>Penicillium</i> sp.
		<i>Geotrichum</i> sp.
		<i>Verticillium</i> sp.
Agua Dulce	Venezuela	<i>Helicoma</i> sp.
		<i>Subulisporapro curvata</i>
Agua Dulce	Ecuador	<i>Aspergillus carbonarius</i>
		<i>Aspergillus nidulans</i>
		<i>Aspergillus fumigatus</i>
		<i>Blastomyces dermatitidis</i>
		<i>Heteroacanthella acanthothysa</i>
		<i>Trichocladium achrasporum</i>
		<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>
		<i>Lulworthia grandispora</i>
Agua Dulce	Brasil	<i>Neocosmospora solani</i>
		<i>Acremonium potronii</i>
		<i>Alternaria alternata</i>
		<i>Mucor racemosus</i>
		<i>Fusarium sacchari</i>
		<i>Fusarium hyalinum</i>
		<i>Penicillium marquandii</i>
		<i>Absidia cylindrospora</i>
		<i>Trichoderma harzianum</i>
		<i>Penicillium lilacinus</i>
		<i>Penicillium verruculosum</i>
		<i>Aspergillus casingii</i>
Agua Dulce	Perú	<i>Curvularia</i> sp.

Tabla 2. Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres, en algunos países latinoamericanos, Tomado de Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica, 2021.⁴⁹

Tipo de suelo	País	Microorganismo
De uso agrícola	Argentina	<i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Beauveria bassiana</i>
De uso agrícola	Costa Rica Argentina México	<i>Fusarium oxysporum</i>
De uso agrícola	México	<i>Fusarium equiseti</i>
De uso agrícola	Perú	<i>Rhizopus microsporus</i> <i>Absidia corymbifera</i>
De uso agrícola	Costa Rica Ecuador	<i>Absidia</i> sp. <i>Rhizopus</i> sp. <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Mucor</i> sp.
De uso agrícola	Colombia	<i>Colletotrichum</i> sp
Contaminado con hidrocarburos	Perú	<i>Aspergillus</i> sp. <i>Penicillium</i> sp. <i>Paecilomyces</i> sp. <i>Rhizopus</i> sp. <i>Syncephalastrum</i> sp. <i>Monilia</i> sp. <i>Cladosporium</i> sp. <i>Cunninghamella</i> sp.
De uso agrícola	Cuba	<i>Fusarium</i> spp.

2.7 Factores ambientales que modulan el desarrollo fúngico

Los hongos son organismos susceptibles a los factores abióticos, requieren de condiciones óptimas para su desarrollo. Si bien el suelo de los humedales ofrece esas condiciones, las actividades antrópicas tienen el potencial de modificar variables críticas como el pH, la humedad, la vegetación y la temperatura, lo que puede perjudicar el ecosistema.^{58,59,60}

En la actualidad, el cambio climático está provocando daños irreversibles en los ecosistemas, alterando tanto su estructura como su función debido a la variación en los componentes climáticos, es decir, temperatura, humedad y pH. Esto da lugar al aumento de enfermedades, muerte masiva y la extinción de diversas especies animales y vegetales.⁶¹ Entre sus efectos más notables se incluye que la temperatura y pH influyen en el crecimiento y adaptación de los hongos patógenos y saprofitos, alterando tanto la flora y fauna terrestre como acuática.^{34,58} Por otro lado, la humedad relativa se relaciona estrechamente con la colonización fúngica y la producción de micotoxinas.⁶²

Con base en lo anterior, los humedales están expuestos a modificaciones que afectan gravemente las funciones ecológicas, provocando pérdida de hábitat y alteraciones como periodos prolongados de sequías o inundaciones.⁶³ Es así como se debe mantener la biodiversidad y equilibrio ecológico comprendiendo cómo mitigar los impactos del cambio climático, la variación de los factores ambientales y las actividades humanas para preservar un ecosistema para las futuras generaciones.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Universo, población y muestra

- **Universo:** Organismos fúngicos, fauna y flora presentes en el humedal el Salitre.
- **Población:** Hongos fitopatógenos aislados del Humedal El Salitre ubicado en la localidad de Barrios Unidos en Bogotá D.C.
- **Muestra:** Muestras de vegetación con síntomas de enfermedades fúngicas del Humedal El Salitre.

3.2 Hipótesis, variables, indicadores

Los factores ambientales pueden variar la diversidad fúngica de hongos fitopatógenos del humedal el Salitre.

3.3 Técnicas y procedimientos

3.3.1. Autorización, reconocimiento y mapeo de la zona

Para llevar a cabo la toma de muestras, se solicitó permiso al ANLA (*Autoridad Nacional De Licencias Ambientales*), se realizaron trámites con la Secretaria Distrital de Ambiente bajo el radicado No. 2023EE129621. Los resultados de la investigación deben ser reportados a estas entidades para el conocimiento e implementación de estrategias. Además, los hallazgos se consolidaron en el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia).

Se realizaron visitas periódicas al humedal con el objetivo de identificar áreas de interés y zonas afectadas; se realizó mapeo de las zonas y selección de los lugares idóneos para la toma de muestras, utilizando el Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.⁶⁴

Se realizaron dos muestreos en períodos de tiempo diferentes: el primero el 14 de septiembre de 2023 y el segundo el 14 de noviembre del mismo año (Anexo 1).

3.3.2. Recolección de base de datos ambientales

Materiales necesarios:

- Páginas de monitoreo ambiental:
 - a. Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) para el valor de la temperatura en grados centígrados.
 - b. Volumen de precipitaciones mensuales obtenido en la red de estaciones hidrológicas de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, para el valor de las precipitaciones en unidad de porcentaje.
 - c. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para el valor de la humedad relativa en unidad de porcentaje.
- Hojas de cálculo (Excel)

Proceso:

1. Los factores ambientales corresponden a temperatura, humedad y precipitación, fueron seleccionados mediante el uso de literatura, al encontrar una posible relación con la dinámica de crecimiento de hongos en otros estudios.^{19,45, 48,49, 58,63,65,66}
2. Los datos fueron recopilados durante los tres meses evaluados, se registraron por día los valores correspondientes a los factores ambientales del área del Humedal (latitud: 4°40'02.1"N y longitud:74°05'17.4"W), estos datos se recopilaron según la página utilizada, donde las mediciones se realizaron cada 10 minutos, estos datos se agruparon y permitieron conocer los valores que fueron añadidos a una hoja de cálculo del programa Excel. Cada factor seleccionado contó con:
 - Temperatura: temperatura máxima diaria, temperatura máxima del mes, temperatura mínima diaria, temperatura mínima del mes y temperatura promedio del mes.
 - Humedad: % de humedad máxima diaria, % de humedad máxima del mes, % de humedad mínima diaria, % humedad mínima del mes y % promedio de humedad del mes.
 - Precipitación: % de precipitación máxima diaria, % de precipitación máxima del mes, % de precipitación mínima diaria, % humedad precipitación del mes y % promedio de precipitación del mes.

3.3.3. Procedimiento de recolección de muestras de la vegetación

El procedimiento de recolección, toma y conservación de muestras se hizo mediante el uso de la *“Guía para tomar, conservar y enviar muestras vegetales para diagnóstico fitosanitario”* del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.⁶⁷ El protocolo realizado se observa en la figura 7.

Materiales requeridos:

- Guantes estériles
- Cuchillas estériles con luz UV
- Bolsas ziploc
- Etiquetas para identificar muestras
- Nevera transportadora
- Pilas de hielo

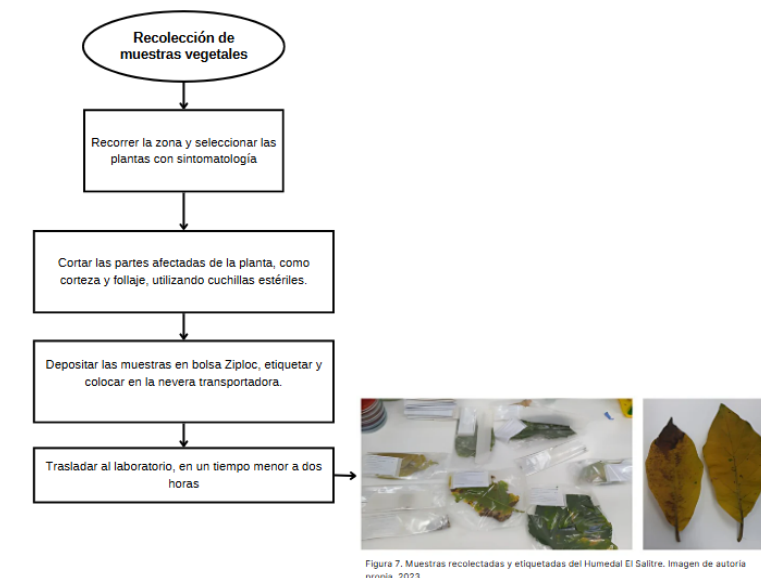


Figura 4. Diagrama de procedimiento para la recolección de muestras de la vegetación.

3.3.4. Procesamiento de las muestras vegetales recolectadas del Humedal El Salitre, ubicado en la localidad de Barrios Unidos

La metodología empleada se realizó con técnicas combinadas de, cultivo directo, cámara húmeda y siembra de tejido vegetal en medio de cultivo; basados en el Manual de laboratorio para Fitopatología General ⁶⁸ y en el libro “*Técnicas de análisis microbiológico en fitopatología*”, publicado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile, Capítulo 5 Aislamiento de microorganismos fitopatógenos.⁶⁹

Materiales requeridos:

- Guantes estériles
- Cuchillas estériles con luz UV
- Pinzas estériles
- Gasas estériles
- Papel filtro estéril
- Hipoclorito de sodio al 0,5%
- Etanol al 75%
- Agua destilada

- Medios de cultivo; rosa de bengala, YGC (Agar cloranfenicol), nutritivo, PDA (Agar papa Dextrosa), BHI (Agar Infusión Cerebro Corazón)
- Cajas húmedas
- Vasos de precipitado limpios
- Vinipel
- Muestras recolectadas
- Toallas desechables estériles

Desinfección

1. Alistar dos vasos de precipitado, añadir en uno solución de hipoclorito de sodio al 0,5% y al otro añadir etanol al 75%.
2. Lavar la muestra vegetal (follaje y tallos) con agua de chorro hasta observar que están limpias.
3. En condiciones de esterilidad con el uso de mecheros bunsen, sumergir la muestra en la solución de hipoclorito por dos minutos, pasado el tiempo lavar con abundante agua destilada y sumergir en el recipiente con etanol por dos minutos más, enjuagar nuevamente con agua destilada.
4. Colocar las muestras desinfectadas sobre las toallas desechables y dejar escurrir el exceso de agua.
5. Dividir la muestra en segmentos de 3x3 cm² aproximadamente para sembrar en los medios de cultivo.

Alistamiento de la cámara húmeda

1. Lavar y esterilizar las cajas húmedas con agua de chorro y jabón, aplicar un chorro de hipoclorito al 0.5%, enjuagar con agua destilada, aplicar otro chorro de etanol y lavar con abundante agua destilada.
2. Colocar el papel filtro en el fondo de la cámara y añadir agua destilada hasta humedecerlo.

Siembra en los medios de cultivo

1. Colocar en cada caja con agar PDA, agar rosa bengala, agar nutritivo, agar YGC, un fragmento de las muestras preparadas con pinzas estériles.
2. Colocar las cajas sembradas en cámara húmeda.

3. Sellar con vinipel la cámara, incubar a 28 °C por 8 días en condiciones de oscuridad.

3.3.5. Identificación de los hongos obtenidos en las muestras recolectadas del Humedal El Salitre, ubicado en la localidad de Barrios Unidos:

Se realizó mediante un enfoque de análisis morfológicos de colonias y microscopía con técnicas de tinción.^{68,69}

Se observaron características macroscópicas de la colonia como; tamaño, forma, color y textura en los medios de cultivo anteriormente mencionados.

Se realizaron tinciones con azul de lactofenol examinando estructuras sexuales como, conidióforos, conidios, métulas y fiálides.^{68,70} El procedimiento se observa en la figura número 9.

Materiales requeridos:

- Muestras sembradas
- Microscopio
- Azul de lactofenol
- Cinta transparente
- Medios de cultivo rosa de bengala, YGC, nutritivo, PDA
- Celular

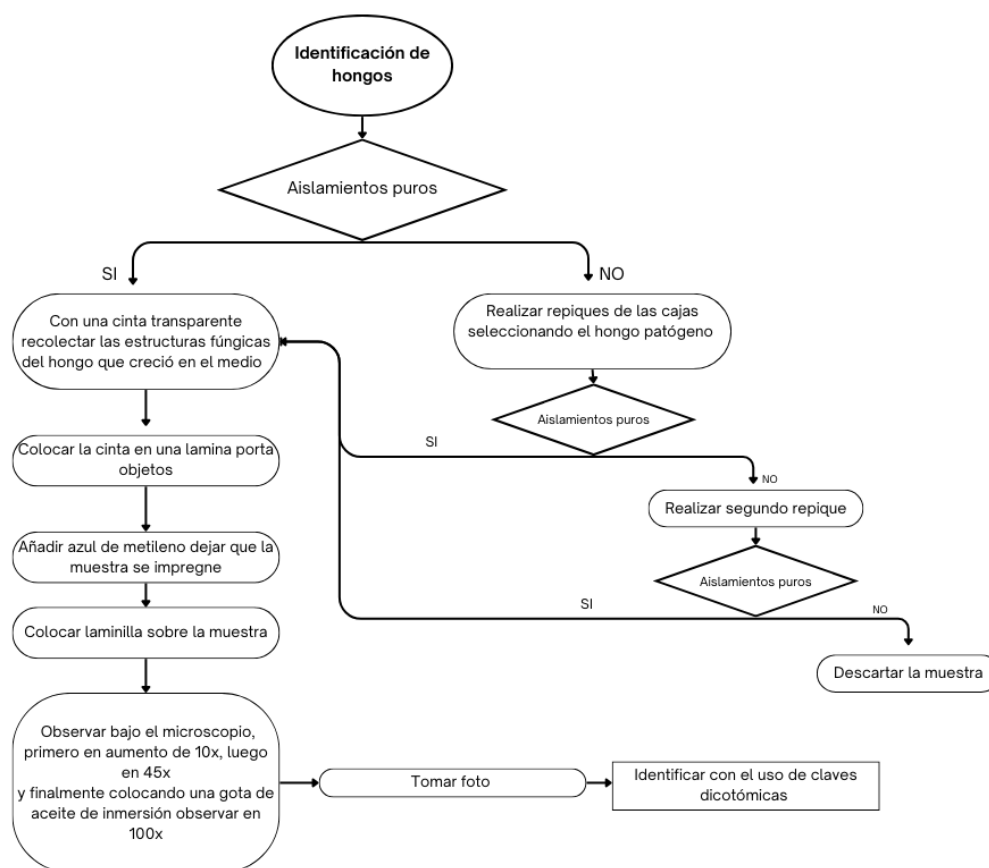


Figura 5. Diagrama de procedimiento para la identificación de microorganismos fúngicos presentes en el humedal El Salitre.

3.3.6. Análisis de la Relación entre Géneros de Hongos, Fitopatógenos y Miosis en el humedal:

Se realizó un enfoque Multidisciplinario de recolección de datos que combinó datos de biología, patología y ecología para comprender interacciones complejas en el ecosistema, se optó por una revisión cualitativa de literatura, basado en el artículo realizado por Manterola C y colaboradores.⁷¹

1. Criterios de elegibilidad: Se incluyeron estudios experimentales y de revisión, sin restricción de idioma o año de publicación.
2. Recopilación de datos: Se hizo una búsqueda en base de datos como, Scopus, PubMed, Google Scholar, repositorios universitarios, Fungal Diversity Database, NCBI, entre otros.
3. Criterios de búsqueda: Se utilizaron términos como, humedales, fitopatógenos, flora, fauna y factores ambientales. Además de una búsqueda cruzada de términos asociados.

4. Selección de estudios: Los estudios encontrados fueron analizados y seleccionados en conjunto por las autoras.
5. Estadísticas: No se realizaron al tratarse de una revisión cualitativa.
6. Identificación de correlaciones: Se agruparon los datos y se correlacionaron los hallazgos encontrados con la hipótesis del proyecto.

4. RESULTADOS

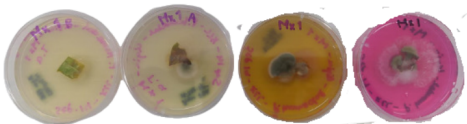
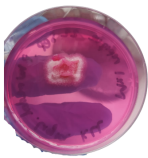
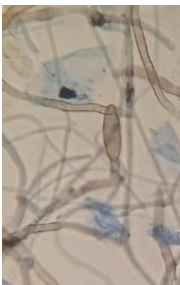
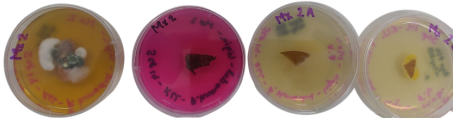
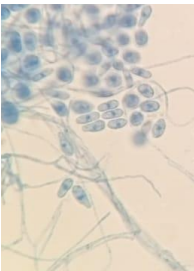
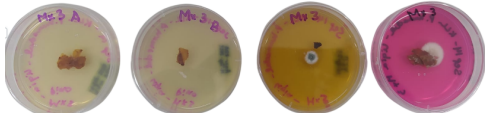
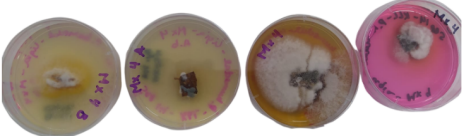
4.1 Identificación de los géneros de hongos aislados en el humedal El Salitre

En el primer muestreo se lograron obtener un total de 6 aislamientos a partir de las muestras recolectadas. Los hongos fueron identificados por medio de técnicas de aislamiento directo en los medios de cultivo anteriormente mencionados, análisis morfológicos de colonia y técnicas de microscopía. Entre los géneros de hongos aislados, se encontraron *Acremonium* spp., *Curvularia* sp., *Paecilomyces* spp., *Penicillium* spp. y *Phytophthora* spp. Los cuales mostraron características morfológicas distintivas; por otro lado, se observó un aparente crecimiento uniforme de los hongos. En la mayoría de los aislamientos primarios, se logró obtener un aislamiento puro de un único organismo, como se evidencia en la tabla número 3.

Para el segundo muestreo se obtuvieron un total de 4 aislamientos, los hongos identificados corresponden a *Aspergillus* spp., *Mucor* sp., *Penicillium* spp. y una levadura, estos resultados pueden ser evidenciados en la tabla número 4. Además, los resultados obtenidos en el segundo muestreo mostraron un patrón de crecimiento diferente al primero. En la mayoría de muestras, se aisló más de un hongo, haciendo necesario realizar repiques para obtener aislamientos puros, adicionalmente durante el reconocimiento de la zona se logró evidenciar la presencia de varios basidiomicetos que no se habían observado en las anteriores visitas.

Este resultado inicial podría ser subjetivo de la gran diversidad fúngica presente en el humedal y establece una base para el análisis detallado de su ecología y potencial patogénico.

Tabla 3 Hongos aislados durante el primer muestreo según las especies de flora en el humedal El Salitre.

Espécimen muestreado	Aislamientos primarios	Repiques	Microscopia del hongo aislado
<i>Thunbergia alata</i> Muestra de follaje			 <i>Curvularia</i> sp.
<i>Fuchsia boliviana</i> Muestra de follaje			 <i>Acremonium</i> spp.
<i>Pinus</i> spp. Muestra de corteza			 <i>Penicillium</i> spp.
<i>Alternanthera brasiliana</i> Muestra de follaje			 <i>Paecilomyces</i> spp.

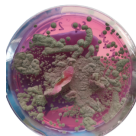
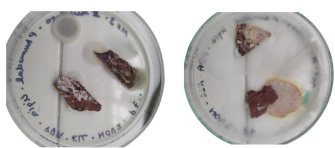
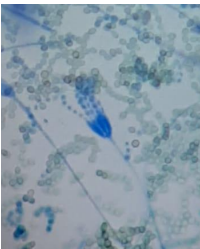
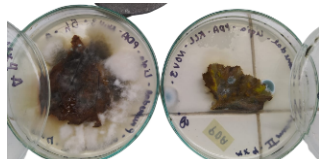
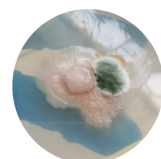
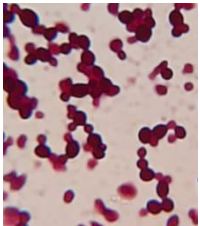
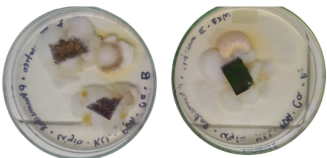
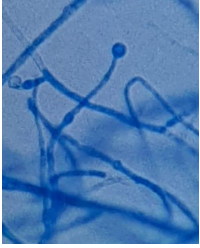
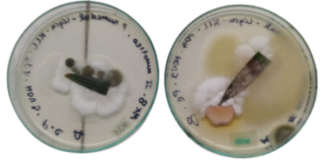
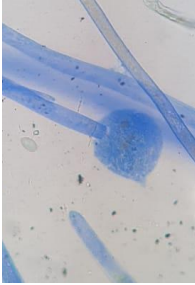
<i>Abutilon striatum</i> Muestra de follaje			 <i>Phytophthora</i> spp.
<i>Podocarpus oleifolius</i> Muestra de follaje			 <i>Penicillium</i> spp.

Tabla 4. Hongos aislados durante el segundo muestreo según las especies de flora en el humedal El Salitre.

Espécimen muestreado	Aislamientos primarios	Repiques	Microscópica del hongo aislado
<i>Pinus</i> spp Muestra de corteza			 <i>Penicillium</i> spp.
<i>Alternanthera brasiliensis</i> Muestra de follaje			 Levadura.
<i>Cucurbita</i> spp Muestra de follaje			 <i>Mucor</i> sp.

<i>Brugmansia arborea</i> Muestra de follaje			 <i>Aspergillus</i> spp.
--	---	---	--

4.2 Relación de la influencia de los factores ambientales sobre la diversidad fúngica encontrada en el Humedal El Salitre.

Dentro de los resultados obtenidos sobre los factores ambientales con el método de análisis utilizado, se observó que, a lo largo de los tres meses (septiembre, octubre y noviembre) pudo haber cambios en la temperatura promedio mensual. Aunque las temperaturas máximas se mantuvieron similares, las diferencias con mayor cambio según el método se encontraron en las temperaturas mínimas, que variaron entre los meses, estos resultados se observan en la figura 9.

Figura 5. Representación gráfica de los % de la temperatura registrada

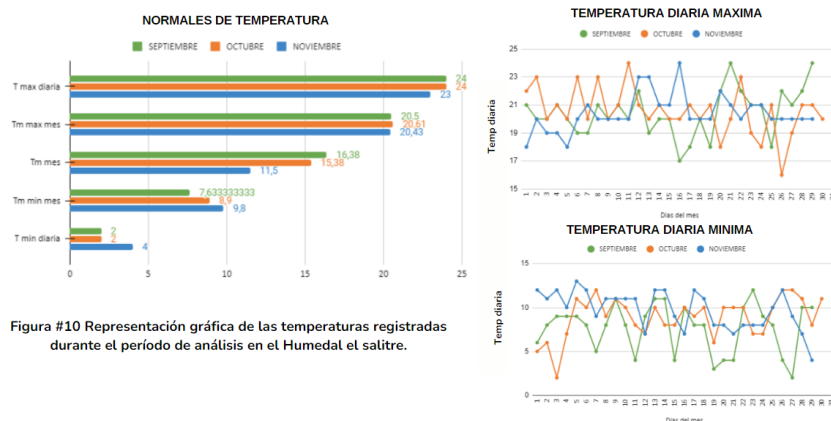


Figura #10 Representación gráfica de las temperaturas registradas durante el período de análisis en el Humedal el salitre.

Se presentan 3 gráficas de los valores obtenidos en la recolección de datos, la primera gráfica es de normales de temperatura donde se reflejan los datos en promedio, de las temperaturas máximas y mínimas del día y del mes en general, las otras dos tablas son donde se relacionan las temperaturas diarias máximas y mínimas, por los días del mes, según el mes correspondiente.

El porcentaje de humedad relativa en el humedal el Salitre siguió un patrón similar al de la temperatura, como se observa en la figura 10. Si bien los cambios en la humedad promedio mensual no fueron aparentemente significativos, el aumento de la humedad mínima y del porcentaje de humedad diaria presentó variaciones a lo largo del tiempo.

Figura 6. Representación gráfica de los % de la humedad registrada

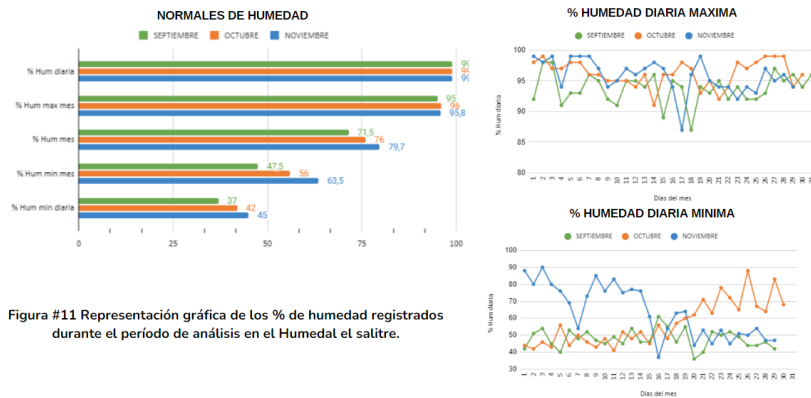


Figura #11 Representación gráfica de los % de humedad registrados durante el período de análisis en el Humedal el salitre.

Se presentan 3 gráficas de los valores obtenidos en la recolección de datos, la primera gráfica es de normales de humedad donde se reflejan los datos en promedio, de la humedad relativa máximas y mínimas del día y del mes en general, las otras dos tablas son donde se relacionan la humedad relativa diaria máxima y mínima, por los días del mes, según el mes correspondiente.

Por último, el porcentaje de precipitación mostró cambios en todos los parámetros analizados, con fluctuaciones. Presentando un descenso constante en el porcentaje de precipitación máxima mensual, lo que indica una tendencia hacia una reducción en la cantidad de lluvia con el paso del tiempo, este comportamiento puede observarse en la figura 11.

Figura 7. Representación gráfica de los % de la precipitación registrada

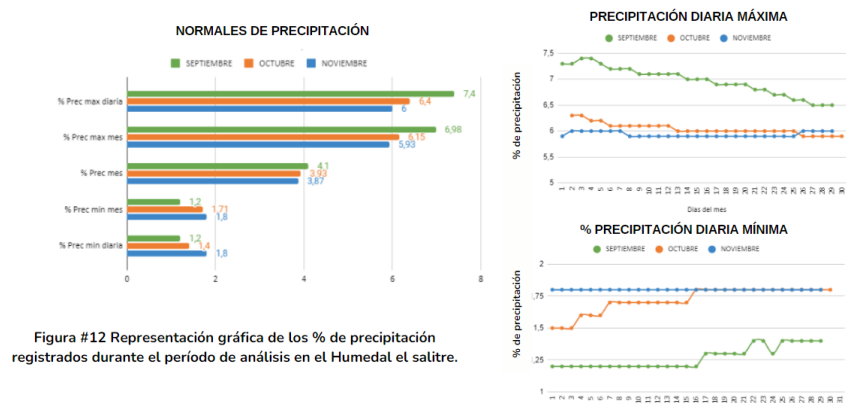


Figura #12 Representación gráfica de los % de precipitación registrados durante el período de análisis en el Humedal el salitre.

Se presentan 3 gráficas de los valores obtenidos en la recolección de datos, la primera gráfica es de normales de precipitación donde se reflejan los datos en promedio de la precipitación máxima y mínima del día y del mes en general, las otras dos tablas son donde se relacionan la precipitación diaria máxima y mínima, por los días del mes, según el mes correspondiente.

Durante los meses analizados, al correlacionar los informes climáticos, se observó que el mayor aumento de la temperatura ocurrió en septiembre, cuando se realizó el primer muestreo del humedal. El mes intermedio, octubre, mantuvo un comportamiento similar al de septiembre, con variaciones únicamente en la temperatura mínima diaria, siendo el segundo mes más cálido. En noviembre se observó una disminución de la temperatura, registrando los valores más bajos en comparación con los dos meses anteriores.

En cuanto a la posible relación que hubo entre los factores ambientales y los aislamientos de hongos obtenidos, se identificaron patrones de comportamiento por género, evidenciados en la tabla número 5.

Tabla 5. Relación de los géneros de hongos identificados con los factores ambientales

GÉNERO DE HONGO	MES DE PRESENCIA	FACTORES AMBIENTALES DEL HUMEDAL	FACTORES AMBIENTALES IDEALES
<i>Curvularia</i> sp.	Septiembre	Temperatura: - T° máxima mes: 20,5 °C - T° promedio del mes: 16,38 °C - T° mínima mes: 7,63 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95% % Humedad promedio del mes: 71,5% % Humedad mínima mes: 47,50% Precipitación % Precipitación máxima mes: 6,98 % % Precipitación promedio del mes: 4,1% % Precipitación mínima mes: 1,20%	Comportamiento saprofita, en su mayoría presenta especies fitopatógenas, tiene mayor afinidad por zonas tropicales y subtropicales, se pueden aislar fácilmente de suelo, aire, plantas y animales.⁷² - La temperatura óptima de crecimiento varía entre 24 a 30 °C - La infección en plantas requiere de humedad.⁷³
<i>Acremonium</i> spp.	Septiembre	Temperatura: - T° máxima mes: 20,5 °C - T° promedio del mes: 16,38 °C - T° mínima mes: 7,63 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95% % Humedad promedio del mes: 71,5% % Humedad mínima mes: 47,50% Precipitación % Precipitación máxima mes: 6,98 % % Precipitación promedio del mes: 4,1% % Precipitación mínima mes: 1,20%	Común en el medio ambiente, especialmente en suelo y materia vegetal en descomposición, mayoría de especies saprofitas y no patógenas a excepción de especies puntuales.⁷⁴ - La dispersión de esporas necesita esporas húmedas unidas a insectos, gotas de agua o viento. - Condiciones muy húmedas - No crece en temperaturas mayores a 37 °C
<i>Penicillium</i> spp.	Septiembre y noviembre	SEPTIEMBRE: Temperatura: - T° máxima mes: 20,5 °C - T° promedio del mes: 16,38 °C - T° mínima mes: 7,63 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95% % Humedad promedio del mes: 71,5% % Humedad mínima mes: 47,50% Precipitación % Precipitación máxima mes: 6,98 % % Precipitación promedio del mes: 4,1% % Precipitación mínima mes: 1,20% NOVIEMBRE: Temperatura: - T° máxima mes: 20,43 °C - T° promedio del mes: 11,5 °C - T° mínima mes: 9,8 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95,8% % Humedad promedio del mes: 79,7% % Humedad mínima mes: 63,5% Precipitación % Precipitación máxima mes: 5,93 % % Precipitación promedio del mes: 3,87%	Patógenos oportunistas, comportamientos saprofitos y mesófilos, se encuentran en suelos, plantas y restos vegetales.⁷⁵ - Rango térmico de crecimiento de amplio espectro, crecen entre 5° y 37 °C - Temperatura óptima de 20 °C a 25 °C⁷⁶ - Requiere condiciones de humedad - Crece entre 5° y 37 °C

		% Precipitación mínima mes: 1,8%	
<i>Paecilomyces</i> spp.	Septiembre	Temperatura: - T° maxima mes: 20,5 °C - T° promedio del mes: 16,38 °C - T° mínima mes: 7,63 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95% % Humedad promedio del mes: 71,5% % Humedad mínima mes: 47,50% Precipitación % Precipitación máxima mes: 6,98 % % Precipitación promedio del mes: 4,1% % Precipitación mínima mes: 1,20%	Entomopatógenos, se ven afectados principalmente por la luz solar. Hongo común en suelos y vegetación en descomposición, poco común como patógeno en animales y plantas.⁷⁷ - Presentes en rangos de temperatura entre 10 y 40 °C - Requieren de humedad relativa específica - Temperatura óptima a 25 °C⁶²
<i>Phytophthora</i> spp.	Septiembre	Temperatura: - T° maxima mes: 20,5 °C - T° promedio del mes: 16,38 °C - T° mínima mes: 7,63 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95% % Humedad promedio del mes: 71,5% % Humedad mínima mes: 47,50% Precipitación % Precipitación máxima mes: 6,98 % % Precipitación promedio del mes: 4,1% % Precipitación mínima mes: 1,20%	Oomycetes, patógenos exóticos que van a ser devastadores en la mayoría de ecosistemas vegetales, hábitat natural en el suelo.⁷⁸ - Temperatura mínima de crecimiento 4 °C - Temperatura óptima 19 a 22 °C - Temperatura máxima 25 a 28 °C⁷⁹
Levadura	Noviembre	Temperatura: - T° maxima mes: 20,43 °C - T° promedio del mes: 11,5 °C - T° mínima mes: 9,8 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95,8% % Humedad promedio del mes: 79,7% % Humedad mínima mes: 63,5% Precipitación % Precipitación máxima mes: 5,93 % % Precipitación promedio del mes: 3,87% % Precipitación mínima mes: 1,8%	Microorganismos de amplia adaptación, patógenos según el género y la especie.⁸⁰ - Rango de crecimiento entre 10 a 37 °C - Temperatura óptima de 30 a 37 °C - Pueden vivir por encima de 37 °C y por debajo de 50 °C - Multiresistencia a periodos de congelamiento
<i>Mucor</i> sp.	Noviembre	Temperatura: - T° maxima mes: 20,43 °C - T° promedio del mes: 11,5 °C - T° mínima mes: 9,8 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95,8% % Humedad promedio del mes: 79,7% % Humedad mínima mes: 63,5% Precipitación % Precipitación máxima mes: 5,93 % % Precipitación promedio del mes: 3,87% % Precipitación mínima mes: 1,8%	Es un hongo que se encuentra en el suelo, en residuos vegetales, estiércol, plantas, frutas y verduras en descomposición. Su reproducción es por medio de esporas capaces de viajar por el aire, agua e insectos.⁸¹ - Temperatura óptima de crecimiento: 15 y 20 °C. - Crecen en ambiente de temperaturas fluctuantes - También pueden multiplicarse a temperaturas igual o inferior a 7 °C.⁸²
<i>Aspergillus</i> spp.	Noviembre	Temperatura: - T° maxima mes: 20,43 °C - T° promedio del mes: 11,5 °C - T° mínima mes: 9,8 °C Humedad % Humedad máxima mes: 95,8% % Humedad promedio del mes: 79,7% % Humedad mínima mes: 63,5% Precipitación	Hongo filamentosos saprófito, suele habitar en el suelo y materia en descomposición; se puede encontrar en cualquier ambiente por su abundancia en la naturaleza.⁸³ - Productores de toxinas que causan contaminación y afectación a alimentos y plantas. - Temperatura óptima de

		• % Precipitación máxima mes: 5,93 % • % Precipitación promedio del mes: 3,87% • % Precipitación mínima mes: 1,8%	crecimiento: 30 a 37° C
--	--	---	-------------------------

4.3 Correlación de los géneros de hongos encontrados con enfermedades fitopatógenas específicas en la flora y micosis en la fauna del humedal

Los resultados obtenidos se basaron en la literatura existente, el objetivo fue comprender no sólo cómo las plantas podrían verse afectadas por los posibles fitopatógenos identificados morfológicamente, sino también cómo podrían influir en la fauna presente en el área. Los resultados obtenidos sobre la comparación de literatura y los hongos aislados se encuentran consolidados en la tabla número 6.

Tabla 6 . Correlación de hongos posiblemente patógenos con enfermedades fitopatógenas y micosis

GÉNERO DEL HONGO	POSIBLE ENFERMEDAD FITOPATÓGENA	POSIBLE MICOSIS EN FAUNA
<i>Curvularia</i> sp.	• Manchas foliares.⁸⁴ • Tizón en plántulas. • Daño en el fruto.	• Infecciones respiratorias. • Micosis cutánea.
<i>Acremonium</i> spp.	• Marchitez. • Pudrición de raíces. • Enfermedades foliares. • Daño en la corteza.⁸⁵	• Micetomas. • Disminución de peso.⁸⁶ • Queratitis micótica
<i>Penicillium</i> spp.	• Podredumbre en frutos. • Podredumbre en tallos y raíces.⁸⁷	• Producción de micotoxinas 75,76 • Afectación en riñón.
<i>Paecilomyces</i> spp.	No se reporta que sea un hongo patógeno o es poco común, sin evidencia en la literatura consultada, cuenta con funciones de control biológico de nematodos y ciertos hongos patógenos, además de ser promotor del crecimiento. ⁷⁷	No se reporta que sea un hongo patógeno o es poco común, sin evidencia en la literatura.
<i>Phytophthora</i> spp.	• Pudrición de raíces. • Tizón del tallo. • Marchitez . • Pudrición del fruto.^{78,88}	• Afectación al hábitat.
Levadura	• Marchitez en hojas.⁸⁹	• Infecciones en el tracto digestivo.⁹⁰
<i>Mucor</i> sp.	• Pudrición del fruto. • Daño foliar.⁹¹	• Infecciones en el tracto digestivo
<i>Aspergillus</i> spp.	• Pudrición del fruto. • Daño en la corteza. • Productor de micotoxinas.⁸³	• Dificultad respiratoria. • Retraso en el crecimiento. • Falta de desarrollo.⁹²

5. DISCUSIÓN

La diversidad fúngica en los ecosistemas de humedal es un indicador clave de la salud ambiental. Los hongos desempeñan funciones ecológicas fundamentales, como la descomposición de materia orgánica, disponibilidad de nutrientes y las interacciones bióticas con otras especies.^{49,50} La investigación realizada sobre la influencia de los factores ambientales en la diversidad fúngica del humedal El Salitre se centró en analizar cómo los cambios en la temperatura, la humedad y las precipitaciones pueden influir la diversidad de fitopatógenos del humedal, es uno de los primeros estudios realizados sobre la presencia de hongos fitopatógenos en el humedal y la posible afección fauna del ecosistema.

El humedal El Salitre no está exento de las variaciones ambientales, lo que lo convierte en un lugar idóneo para el análisis y estudio de la respuesta de la comunidad fúngica a estos factores. Los hongos, como organismos vivos sensibles a los cambios climáticos de su entorno, responden a alteraciones significativas del ambiente con cambio en su proliferación y propagación, lo que puede generar condiciones óptimas para la supervivencia de hongos patógenos, aumentando el riesgo de enfermedades fúngicas en animales y plantas.⁹³

Los cambios en la temperatura y los patrones de precipitación han ampliado las zonas de crecimiento de los hongos patógenos, así como su dispersión. Durante los periodos de sequía se ha comprobado que la incidencia de enfermedades infecciosas por hongos disminuye; sin embargo, en los años posteriores, su aparición se amplifica en periodos con mayor humedad. Las lluvias que siguen a estos periodos de sequía pueden estimular el crecimiento de hongos, mientras que el aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones facilitan la dispersión de esporas en el ambiente.⁹³

A nivel mundial, los meses anteriores a los analizados: junio, julio y agosto fueron los tres meses más calurosos de la historia, siendo julio de 2023 el mes más caluroso registrado. Estos patrones de comportamiento señalan que el humedal pasó por una etapa de sequía, evidenciada en los recorridos previos al primer

muestreo, donde se observó una disminución en el cuerpo de agua, que luego aumentó con los periodos de lluvia de los meses posteriores.⁹⁴

El impacto de estos factores climáticos no es uniforme en todas las regiones. Las áreas que experimentan inviernos húmedos y veranos cálidos a menudo muestran un aumento más pronunciado en la incidencia de enfermedades fúngicas en comparación con las regiones áridas. Esto sugiere que los factores limitan el crecimiento y la dispersión de los hongos varían según el entorno climático. Las precipitaciones y las temperaturas influyen de manera diferencial en la dinámica de la enfermedad, afectando la prevalencia y propagación de estos organismos de manera distinta en cada ecosistema.^{95,96}

A medida que los factores ambientales varían, es probable que regiones que históricamente no se han visto afectadas comiencen a experimentar un incremento en la prevalencia de enfermedades fitopatógenas. Por lo tanto, integrar el monitoreo de sequías y pronósticos climáticos en la vigilancia de enfermedades será clave para anticipar y mitigar futuros brotes y adaptar las estrategias de salud pública a las nuevas realidades climáticas.^{34,61,63}

En el panorama colombiano se están presentando efectos adversos debido a la variación de los factores ambientales debido al cambio climático, generando impactos sociales, económicos y de salud en la comunidad. Los cambios más prevalentes en el país son: las inundaciones, deslizamientos, aumento de la temperatura y cambios en los patrones de precipitación.⁹⁷

El cambio climático, caracterizado por el aumento de las temperaturas globales, las modificaciones en los patrones de precipitación y la intensificación de eventos climáticos extremos, está transformando los ecosistemas a un ritmo sin precedentes. Como menciona Beatriz Gómez y colaboradores, *“el aumento de la temperatura reduce el gradiente de temperatura en mamíferos y el ambiente, combinado con la capacidad de los hongos para adaptarse a temperaturas más altas aumenta la posibilidad de nuevas enfermedades fúngicas”*¹⁸

La creciente relevancia de las enfermedades fúngicas migratorias en la salud animal y del ecosistema, subrayan la importancia de comprender el papel de los hongos,

especialmente de aquellos que son patógenos. La fácil adaptación de los hongos a las fluctuaciones ambientales, como se observó en el humedal, podría estar directamente relacionada con el aumento de infecciones fúngicas en la fauna y flora de la zona, teniendo implicaciones en la salud pública.⁹⁸ Muchas de estas infecciones no reciben la atención adecuada, son difíciles de tratar y están asociadas con la resistencia a los antifúngicos. Entre los hongos emergentes se destacan géneros como *Aspergillus* spp, cuya propagación está directamente vinculada a los cambios en la temperatura y la humedad.³⁴

En cuanto a los géneros fúngicos encontrados en el humedal mediante el uso de características morfológicas y microscopía, se obtuvo una aproximación general de los géneros presentes en el humedal evidenciando la presencia, *Acremonium* spp., *Aspergillus* spp., *Curvularia* sp., *Mucor* sp., *Paecilomyces* spp., *Penicillium* spp. y *Phytophthora* spp.

Curvularia sp., es considerada un género fitopatógeno en la mayoría de especies, En algunas plantas puede generar manchas cloróticas,^{72,84} coincidiendo con la sintomatología observada en la muestra recolectada. En cuanto a la fauna del humedal, la mayoría de las especies son aves que están en contacto directo con las esporas de hongos. Particularmente, se han registrado varios casos de micosis aviar causados por *Curvularia* sp., que se manifiestan a través de síntomas como lesiones cutáneas, problemas respiratorios y afecciones en los sistemas digestivos.⁹⁹

Acremonium spp. se ha documentado en la literatura como un microorganismo no fitopatógeno a excepción de especies puntuales.^{85,86} En los animales las infecciones por este hongo son raras y poco comunes; sin embargo, pueden presentarse en micetomas, queratitis micótica y en casos específicos puede llegar a presentarse como una infección sistémica, especialmente en animales inmunodeprimidos; el modo más común de la transmisión es mediante la inoculación cutánea a través de heridas, inhalación de esporas o ingesta de agua contaminada.¹⁰⁰ Los anfibios son vulnerables debido a su piel permeable, seguidos de las aves como patos y garzas y en menor medida peces, estas infecciones ocurren cuando los animales entran en

contacto con agua, suelo o vegetación contaminada dentro del humedal, siendo más susceptibles aquellos con el sistema inmune comprometido.¹⁰¹

Penicillium spp. tiene la capacidad de causar la podredumbre, es un género que posee más de 300 especies y que habitan en la mayoría de ecosistemas, generalmente son saprofitos, pero tienen la capacidad de convertirse en parásitos oportunistas, especialmente en el fruto de las plantas, es un hongo que se propaga por el viento, lluvia y actividades humanas, su crecimiento se ve estimulado por la alta humedad y temperaturas elevadas, factores ambientales que estuvieron presentes en el humedal y pueden haber favorecido el crecimiento del microorganismo.⁷⁵ La mayoría de infecciones ocasionadas por hongos de este género son pocas comunes, pero abarcan, infecciones cutáneas y subcutáneas comunes en animales con heridas expuestas a entornos contaminados, infecciones respiratorias más comunes en aves, queratitis micótica y en casos puntuales se ha asociado a infecciones sistémicas.^{102,103,104}

Paecilomyces spp. es un hongo que puede infectar plantas; sin embargo, en comparación con otros hongos fitopatógenos es poco común, se ha documentado en la literatura que funciona como un agente antagonista o un patógeno menor que puede llegar a afectar las raíces o el sistema vascular de las plantas, presentándose como pudrición en las raíces o la marchitez de las hojas. En un humedal, los animales son más susceptibles a infecciones por *Paecilomyces* spp. cuando tienen contacto frecuente con el suelo y el agua, como anfibios, aves acuáticas y ciertos invertebrados. Estos grupos son vulnerables debido a la alta humedad, ya que los humedales son ambientes naturalmente húmedos que favorecen la proliferación de hongos, así como a la presencia de materia orgánica en descomposición, que proporciona un hábitat ideal para los hongos y aumenta la probabilidad de exposición.^{62,77}

La interacción con humanos, a través de la presencia de animales domésticos o la perturbación del ecosistema por actividades humanas, también puede aumentar el riesgo de infecciones.^{106, 107}

Phytophthora spp. es un género de oomicetos conocido por causar infecciones devastadoras en una amplia variedad de plantas, afectando tanto cultivos agrícolas como plantas ornamentales y ecosistemas naturales. Estas infecciones incluyen enfermedades como el tizón tardío de la papa y del tomate, causado por *Phytophthora infestans*. Otras especies, como *Phytophthora cinnamomi*, son responsables de la podredumbre de raíces y cuello; ^{63,78} *Phytophthora ramorum* causa la muerte súbita del roble, afectando gravemente a los ecosistemas de robles en California. Las esporas de *Phytophthora* spp. se dispersan a través del agua, el suelo y materiales vegetales infectados, iniciando la infección en las raíces, el cuello de la planta o las hojas.⁸⁸ En los animales, las infecciones por este hongo son oportunistas y se presentan en circunstancias específicas, como en individuos con sistemas inmunológicos comprometidos o en áreas contaminadas. Puede provocar infecciones en la piel y tejidos blandos, causando lesiones cutáneas, úlceras o abscesos si hay contacto directo. También puede inducir infecciones respiratorias si las esporas son inhaladas, especialmente en ambientes húmedos y contaminados. En casos extremos y poco comunes, podría causar infecciones sistémicas en animales con defensas inmunitarias debilitadas, afectando varios; pese a esto, la mayor relevancia de este hongo está en la proliferación de infecciones en plantas.^{63,78, 88}

Los hongos presentes, *Aspergillus* spp., *Mucor* spp. y *Penicillium* spp., son hongos filamentosos que tienen en común la producción de esporas asexuales para su reproducción y dispersión. Estos hongos se encuentran en una variedad de ambientes, incluyendo suelos y alimentos en descomposición, y son conocidos por su capacidad para prosperar en condiciones diversas. Pueden causar infecciones oportunistas en animales con sistemas inmunitarios comprometidos, como aspergilosis, mucormicosis y peniciliosis.¹⁰⁸ Los factores ambientales podrían estar impulsando la expansión de enfermedades fúngicas emergentes a nivel global. El aumento de las temperaturas y las alteraciones en los patrones de precipitación han creado un entorno favorable para hongos patógenos.^{15,20}

Las especies del género *Aspergillus* spp. son hongos filamentosos, ubicuos, tienen una distribución mundial y crece como saprófitos en el suelo, son patógenos oportunistas que causa aspergilosis en humanos, animales e insectos, también y al

mismo tiempo que produce los metabolitos cancerígenos más tóxicos y potentes, como las aflatoxinas y otras micotoxinas. Su adaptabilidad a diversos entornos y condiciones climáticas le permite proliferar en diferentes ecosistemas, desde regiones áridas hasta tropicales. La capacidad de este hongo para producir aflatoxinas lo convierte en un riesgo significativo para la salud pública, ya que estas toxinas son potentes hepatocarcinógenos. ^{83,92,107}

La investigación realizada sobre la diversidad de fitopatógenos en el humedal El Salitre destaca la posible relación entre los factores ambientales y su influencia en la proliferación y dispersión de hongos en el ecosistema.

Teniendo en cuenta la metodología realizada para la determinación de los factores ambientales, los cambios observados en la temperatura y en los patrones de precipitación durante el periodo analizado podrían llegar sugerir influencia en la diversidad, crecimiento y comportamiento de los hongos. Por otro lado, las posibles fluctuaciones en la humedad y las variaciones en la precipitación serían una causa aparente de la expansión y dispersión de hongos patógenos, llegando a tener implicaciones negativas tanto para la flora como fauna del humedal.

6. CONCLUSIONES

El estudio reveló la presencia de microorganismos fúngicos en el humedal, identificando géneros con potencial patogénico que representan un riesgo significativo para la biodiversidad local, subrayando la importancia de comprender la diversidad microbiana en ecosistemas sensibles como El Salitre, durante el estudio fueron identificados géneros como, *Acremonium* spp., *Aspergillus* spp., *Curvularia* sp., *Mucor* sp., *Paecilomyces* spp., *Penicillium* spp. y *Phytophthora* spp.

La relación entre los factores ambientales presentes en el humedal El Salitre y la diversidad de fitopatógenos encontrada sugiere que las variables analizadas podrían llegar a desempeñar un papel importante en la distribución y proliferación de los hongos identificados; se sugiere realizar análisis estadísticos más detallados que evalúen la correlación entre cada factor ambiental y la abundancia de las especies fúngicas identificadas, aunque los resultados preliminares indican una conexión entre los factores ambientales y la diversidad fúngica, se requiere un enfoque analítico más robusto para asegurar estas observaciones.

La correlación entre los géneros de hongos identificados en el humedal El Salitre y las enfermedades fitopatógenas en la flora, así como las micosis en la fauna, se basó únicamente en la literatura científica los hongos identificados están asociados en estudios previos con patologías vegetales y animales. Por tanto, aunque la literatura ofrece una base sólida para relacionar estos géneros con posibles patologías, sería necesario llevar a cabo estudios experimentales y observacionales para validar estas correlaciones en el contexto del ecosistema del humedal El Salitre.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreno JEE. Humedal El Salitre [Internet]. Fundación Humedales Bogotá; 2012 [citado 2023 Feb 12]. Disponible en: <https://humedalesbogota.com/humedal-el-salitre/>
2. Baldrian P, Bell-Dereske L, Lepinay C, Větrovský T, Kohout P. Fungal communities in soils under global change. *Stud Mycol.* 2022;103:1-24. doi: 10.3114/sim.2022.103.01.
3. Protejamos el humedal El Salitre, que no pase de corredor ambiental a corredor vial [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://concejodebogota.gov.co/protejamos-el-humedal-el-salitre-que-no-pase-de-corredor-ambiental-a/cbogota/2021-10-29/140114.php>
4. Angel YMN. Entregaron nueva pista profesional de BMX en el Salitre [Internet]. El Tiempo; 2019 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/bogota/inauguraron-nueva-pista-de-bmx-en-el-salitre-400288>
5. Revista Ecoguía. Salitre El Greco: protesta por proyecto Distrito Verde [Internet]. Revista Ecoguía; 2024 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://www.revistaecoguia.com/secciones/hechos/4087-salitre-el-greco-protesta-por-proyecto-distrito-verde>
6. Secretaría de Ambiente de Bogotá. Plan de Manejo Ambiental del Humedal El Salitre [Internet]. Bogotá: Secretaría de Ambiente; 2018 [citado 2024 Nov

- 18]. Disponible en: https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=15041
7. Humedales Bogotá. El Humedal El Salitre, nuevamente amenazado [Internet]. Humedales Bogotá; 2018 Oct 2 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://humedalesbogota.com/2018/10/02/el-humedal-el-salitre-nuevamente-a-menazado/>
 8. Plaza Capital. Humedal Tibabuyes y Salitre en riesgo [Internet]. Plaza Capital; 2024 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://plazacapital.co/zona-eco/7486-humedal-tibabuyes-y-salitre-en-riesgo>
 9. Canal Capital. Distrito Verde: proyecto Ocesa [Internet]. Canal Capital; 2024 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://www.canalcapital.gov.co/distrito-verde-proyecto-ocesa>
 10. Red Humedal El Salitre. Red Humedal El Salitre [Internet]. Red Humedal El Salitre; [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://www.govserv.org/CO/Bogot%C3%A1/900928440105130/Red-Humedal-EI-Salitre>
 11. ECOSISTEMAS Y RURALIDAD GRUPO DE HUMEDALES, Gov.co. PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL DE HUMEDAL SALITRE. INFORME DE GESTIÓN 2021 [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Mar 15]. Disponible en: <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/3036576/RDHSA+INFORME+GESTION+2021-SALITRE.pdf/6aeebb77-adf4-4ae1-a51e-6c846a771ef3>
 12. Bogotá H. Abrazaron Humedal El Salitre [Internet]. Fundación Humedales Bogotá; 2018 [citado 2024 Mar 3]. Disponible en: <https://humedalesbogota.com/abrazaton/>
 13. de Prensa S. Colombia cuenta con 275 especies de aves migratorias, diez están amenazadas de extinción [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Mar 21]. Disponible en: <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-asuntos-ambientales/1777-colombia-cuenta-con-275-especies-de-aves-migratorias-diez-estan-amenazadas-de-extincion>
 14. Salimi S, Almuktar SAAAN, Scholz M. Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. J Environ Manage. 2021 May 15;286:112160. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112160.
 15. Quintana V, Milić M, Jakšić D, Šegvić Klarić M, Tenorio-Arvide MG, Pérez GA, Sánchez-Alarcón J. Cambios ambientales, aflatoxinas y problemas de salud, una revisión. Rev Int Investig Environ Salud Pública. 2020;17(21):7850.
 16. Salimi S, Almuktar SAAAN, Scholz M. Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. J Environ Manage. 2021 May 15;286:112160. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112160.
 17. Pulido PC, Pinilla GA. Evaluación del estado trófico de El Salitre, último humedal urbano de referencia en Bogotá. Rev Acad Colomb Cienc Exactas Físicas Nat. 2017;41(158):41-50. doi: 10.18257/raccefyn.411.
 18. Gómez BL, Escandón P. Fungal infections: A growing threat. Biomedica. 2023 Aug 31;43(Sp. 1):11-16. doi: 10.7705/biomedica.7214.

19. Li W, Li Q, Pan Z, Burgaud G, Ma H, Zheng Y, et al. Seasonal and spatial dynamics of fungal diversity and communities in the intertidal zones of Qingdao, China. *J Fungi (Basel)*. 2023;9(10):1015. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2309-608X/9/10/1015>.
20. Wu K, Liu Y, Liao X, Yang X, Chen Z, Mo L, Zhong S, Zhang X. Fungal diversity and its relationship with environmental factors in coastal sediments from Guangdong, China. *J Fungi (Basel)*. 2023 Jan 11;9(1):101. doi: 10.3390/jof9010101.
21. Mommer L, Cotton TA, Raaijmakers JM, Termorshuizen AJ, van Ruijven J, Hendriks M, et al. Lost in diversity: the interactions between soil-borne fungi, biodiversity and plant productivity. *New Phytol*. 2018;218(2):542-53.
22. Ley 357 de 1997 Congreso de la República de Colombia [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Mar 17]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=344>
23. Ramsar.org. Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. ¿Qué son los humedales? [Internet]. Ramsar.org; [citado 2024 Mar 17]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
24. César ACM. Los ecosistemas de humedales en Colombia. *Luna Azul* [Internet]. 2001 [citado 2024 Nov 19];(13):1-15. Disponible en: <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1478>
25. Ávila de Navia S, Estupiñán Torres S. Calidad bacteriológica del agua del humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia. *Caldasia* [Internet]. 2006 [citado 2024 Nov]. Disponible en: Universidad Nacional de Colombia Revistas electrónicas UN Caldasia.
26. Ibarguen DER, González CT. Caracterización de hongos antagónicos de tres humedales subsuperficiales utilizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Ing Recursos Naturales Ambient*. 2011;(10):21-30.
27. Morales SMB, Castelblanco EMS, Suárez HJG. Aislamiento de microorganismos amilolíticos, celulolíticos y lignolíticos a partir del suelo de humedales de Bogotá. *Rev Sennova*. 2014;1(1):148-55.
28. Cabrera Amaya DM, López Cruz JW. Riqueza florística y estructura de la vegetación acuática y terrestre en el humedal El Salitre, Bogotá, Colombia. *Rev Acad Colomb Cnc Exactas Fís Nat*. 2019;43(168):508-17. Disponible en: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/824>
29. Mosquera S, Ríos MV, Rojas J. Microorganismos en humedales urbanos de Bogotá: indicadores de calidad del agua y su rol en la degradación de contaminantes. *Rev Colomb Biotecnol*. 2019;21(1):15-25.
30. Secretaría de Ambiente de Bogotá. Plan de Manejo Ambiental del Humedal El Salitre [Internet]. Bogotá: Secretaría de Ambiente; 2018 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dln_download&p=15041

31. Moreno JEE. Arbustos del Humedal El Salitre [Internet]. Fundación Humedales Bogotá; 2013 [citado 2024 Nov 18]. Disponible en: <https://humedalesbogota.com/2013/11/25/arbustos-del-humedal-el-salitre/>
32. Estupiñán Torres SM, Ávila de Navia SL, Bejarano Bolívar IJ, García DF, Arias Sánchez N. Calidad microbiológica del agua del humedal Salitre, Bogotá, D.C. Colombia. Biociencias (UNAD). 2020;3(1):1-11. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/view/4408>
33. Castelblanco EM, Suárez HJG, et al. Aislamiento de microorganismos amilolíticos, celulolíticos y lignolíticos a partir del suelo de humedales de Bogotá. Rev Sennova. 2014;1(1):148-55.
34. Ruiz OMM. Efecto del cambio climático en la adaptación de hongos patógenos de importancia en salud humana, animal y ambiental [Internet]. Edu.co; [citado 2024 Ago 26]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/37e13793-60f9-4dc3-8b46-e83a5bb58bd3/content>
35. Villarreal Román G. Enfermedades fúngicas en mascotas no convencionales y fauna silvestre [Internet]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/31afa7e7-e50f-4ecc-81bf-2b059ed7226e>
36. Vega SP, Gutierrez RR, Maturana AY, Escusa F. Una sola salud y el cambio climático: el futuro de las enfermedades fúngicas. Salud y bienestar, integrando la ciencia.
37. Rial A, Trujillo F, Medina Barrios ÓD, Acosta Galvis AR, Lasso CA, Morales-Betancourt MA, et al. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos [Internet]. 2014 [citado 2024 Feb 25]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9280>
38. CONABIO. ¿Qué es un ecosistema? [Internet]. Biodiversidad Mexicana; [citado 2024 Mar 17]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees/>
39. Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. ¿Qué son los humedales? [Internet]. Ramsar.org; [citado 2024 Mar 17]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
40. El Manual de la Convención de Ramsar, 6a ed [Internet]. Gob.pe; [citado 2024 Mar 17]. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/772047FB49421BE405257C630051A691/\\$FILE/61_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/772047FB49421BE405257C630051A691/$FILE/61_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf)
41. Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Mar 21]. Disponible en: <https://www.orarbo.gov.co/es/con-la-comunidad/noticias/plantas-que-puedes-conocer-si-visitas-un-humedal>

42. Rey JPG. El uso del suelo en el caso de los humedales. *Verba Iuris*. 2011;25:119-47.
43. Secure VG. "Proteger los humedales es cuidar la fauna y flora del territorio": CAR [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Nov 19]. Disponible en: <https://www.car.gov.co/saladeprensa/proteger-los-humedales-es-cuidar-la-fauna-y-flora-del-territorio-car>
44. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Humedales: ecosistemas estratégicos [Internet]. 2024. Disponible en: <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/ecosistemas-estrategicos/humedales>
45. Pulido P. El fitoplancton en la determinación del estado trófico del humedal El Salitre (Bogotá D.C., Colombia) en épocas climáticas contrastantes [Internet]. 2015 [citado 2024 Feb]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1765>
46. Bogotá H. Abrazaron Humedal El Salitre [Internet]. Fundación Humedales Bogotá; 2018 [citado 2024 Mar 3]. Disponible en: <https://humedalesbogota.com/abrazaron/>
47. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia cuenta con 275 especies de aves migratorias, diez están amenazadas de extinción [Internet]. Gov.co; [citado 2024 Mar 21]. Disponible en: <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-asuntos-ambientales/1777-colombia-cuenta-con-275-especies-de-aves-migratorias-diez-estan-amenazadas-de-extincion>
48. Colombia D.C. Calidad microbiológica del agua del humedal Salitre, Bogotá, D.C. Colombia [Internet]. Edu.co; [citado 2024 Mar 27]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/download/4408/4251/14886#:~:text=Bacterias%20coliformes%20totales%2C%20agar%20en%20do,nas%2C%20agar%20m%2DAeromonas>
49. Becerra Aguilera A et al PRESENT, Aquatic Environments; AMERICA, in Latin. Hongos fitopatógenos en ambientes terrestres y acuáticos presentes en Latinoamérica. *An Real Acad Farm*. 2021;87(4):371-380.
50. Naranjo-Ortiz MA, Gabaldón T. Fungal evolution: major ecological adaptations and evolutionary transitions. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 2019 Aug;94(4):1443-1476. doi: 10.1111/brv.12510. Epub 2019 Apr 25. PMID: 31021528; PMCID: PMC6850671.
51. Universidad Nacional Autónoma de México. Generalidades sobre hongos. Micología veterinaria [Internet]. 2019 [citado el 18 nov 2024]. Disponible en: https://micologiaveterinaria.fmvz.unam.mx/assets/docs/temas_selectos/Generalidades_Hongos.pdf
52. Jiménez Nieva FJ, Sánchez González F de A, Caetano Sánchez C. Hongos. Ecología y biodiversidad en ecosistemas litorales de Huelva. En: *Biología de Huelva: naturaleza, biodiversidad, bioindicadores y biomarcadores*. Huelva: Universidad de Huelva; 2022. p. 145-186. ISBN 978-84-18984-95-2.

53. Wang G, Ren Y, Bai X, Su Y, Han J. Contributions of beneficial microorganisms in soil remediation and quality improvement of medicinal plants. *Plants* (Basel). 2022 Nov 23;11(23):3200. doi: 10.3390/plants11233200. PMID: 36501240; PMCID: PMC9740990.
54. Martínez Rodríguez MS. Guía ilustrada para el reconocimiento de macrohongos. [Internet]. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional; 2023 [citado el 18 nov 2024]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/19057/Guia%20ilustrada%20para%20el%20reconocimiento%20de%20macrohongos.pdf?isAllowed=y&sequence=14>o mini
55. Karunarathna SC, Tennakoon DS, Gautam AK. Exploring the hidden fungal diversity: biodiversity, taxonomy, and phylogeny of saprobic fungi [Internet]. Pensoft.net. [citado el 19 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://mycokeys.pensoft.net/topical_collection/254/
56. Morrales L, Sánchez L, Quimbayo M. Microorganismos potencialmente fitopatógenos en aguas de riego proveniente de la cuenca media del río Bogotá. *NOVA*. 2018;16(29):71-89. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1794-24702018000100071&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
57. Thomas M, Thangavel M. Isolation of fungi from the surface water of Vembanadu wetland agroecosystem. *Int J Appl Microbiol Biotechnol Res*. 2017;5:52-58. Disponible en: http://www.bluepenjournals.org/ijambr/pdf/2017/June/Thomas_and_Thangavel.p
58. Hayman KM, Mustafa S, Saadudeen Anwer S, Zrari TJ. Influence of pH, agitation speed, and temperature on growth of fungi isolated from Koya, Iraq. *Kuwait J Sci*. 2023;50(4):657-664. doi: 10.1016/j.kjs.2023.02.036. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2307410823001426>
59. Carro-Huerga G, Mayo-Prieto S, Rodríguez-González Á, Álvarez-García S, Gutiérrez S, Casquero PA. The influence of temperature on the growth, sporulation, colonization, and survival of *Trichoderma* spp. In grapevine pruning wounds. *Agronomy* (Basel). 2021;11(9):1771. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1771>
60. Mshelia LP, Selamat J, Iskandar Putra Samsudin N, Rafii MY, Abdul Mutalib NA, Nordin N, et al. Effect of temperature, water activity, and carbon dioxide on fungal growth and mycotoxin production of acclimatised isolates of *Fusarium verticillioides* and *F. graminearum*. *Toxins* (Basel). 2020;12(8):478. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6651/12/8/478>
61. MA R, AT MD. Determinación de los principales efectos ambientales en humedales debido a la variación climática en la ciudad de Bogotá DC como un análisis del cambio climático. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales; 2012. Proyecto Curricular Tecnología en Saneamiento Ambiental. Proyecto de aplicación para optar al título: Tecnólogo en saneamiento ambiental.

62. De Sanidad DG. *Paecilomyces* spp. Enemigo natural de mosquitos blancos [Internet]. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico; 2000 [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172884/Ficha_CB_06_Paecilomyces_spp.pdf
63. Taipe Pumasunta JA. Efecto del incremento de la temperatura sobre la eficiencia de fungicidas sistémicos para el control de epidemias del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa (*Solanum tuberosum*): un enfoque de adaptación al cambio climático en los trópicos de altura desde la simulación [tesis de maestría]. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador; 2022.
64. Mostacedo B, Fredericksen T. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Vol. 87. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR); 2000.
65. Mshelia LP, Selamat J, Iskandar Putra Samsudin N, Rafii MY, Abdul Mutalib N-A, Nordin N, et al. Effect of temperature, water activity and carbon dioxide on fungal growth and mycotoxin production of acclimatised isolates of *Fusarium verticillioides* and *F. graminearum*. *Toxins* (Basel) [Internet]. 2020 [cited 2024 Mar 27];12(8):478. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6651/12/8/478>
66. Sondermeyer-Cooksey G, Heaney AK, Yu AT, Jones I, Bhattachan A, et al. Effects of precipitation, heat, and drought on incidence and expansion of coccidioidomycosis in western USA: a longitudinal surveillance study. *Lancet Planet Health* [Internet]. 2022 [citado el 26 de agosto de 2024];6(10):e793–803. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196\(22\)00202-9](http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00202-9)
67. ICA. Guía para tomar, conservar y enviar muestras vegetales para diagnóstico fitosanitario [Internet]. [citado el 19 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.ica.gov.co/getdoc/3e6b53e5-e004-4861-a5a5-1f9740e2710a/guia_para_toma_envio_muestras.aspx
68. Echandi E, et al. Manual de laboratorio para fitopatología general. 1967.
69. Muñoz R, Cisterna O, France I. Aislamiento de microorganismos fitopatógenos [Internet]. Chillán: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias; 2020. No. 428. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/67165>. [Consultado: 19 de noviembre de 2024].
70. Shamly V, Kali A, Srirangaraj S, Umadevi S. Comparison of microscopic morphology of fungi using lactophenol cotton blue (LPCB), iodine glycerol and congo red formaldehyde staining. *J Clin Diagn Res*. 2014 Jul;8(7):DL01-2. doi: 10.7860/JCDR/2014/8521.4535. Epub 2014 Jul 20. PMID: 25177565; PMCID: PMC4149071.
71. Manterola C, Rivadeneira J, Delgado H, Sotelo C, Otzen T. ¿Cuántos tipos de revisiones de la literatura existen? Enumeración, descripción y clasificación.

- Revisión cualitativa. Int J Morphol. 2023 Aug [cited 2024 Nov 20];41(4):1240-1253. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-9502202300040
72. Estrada G, Sandoval I. Patogenicidad de especies de Curvularia en arroz. Fitosanidad [Internet]. 2004;8(4):23-26. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209117865004>
 73. Técnica F. Dirección General de Sanidad Vegetal, Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria [Internet]. Gob.mx. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600866/Curvularia_lunata.pdf
 74. Institut national de santé publique du Québec. Acremonium spp [Internet]. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/acremonium-spp>
 75. Park MS, Lee JW, Kim SH, Park JH, You YH, Lim YW. Penicillium from Rhizosphere Soil in Terrestrial and Coastal Environments in South Korea. Mycobiology. 2020 Oct 16;48(6):431-442. doi: 10.1080/12298093.2020.1823611. PMID: 33312010; PMCID: PMC7717687.
 76. Institut national de santé publique du Québec. Penicillium spp [Internet]. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/penicillium-spp>
 77. Senthilkumar M, Anandham R, Krishnamoorthy R. Chapter 41 - Paecilomyces. En: Amaran N, Senthil Kumar M, Annapurna K, Kumar K, Sankaranarayanan A, editores. Beneficial Microbes in Agro-Ecology. Academic Press; 2020. p. 793-808. doi: 10.1016/B978-0-12-823414-3.00041-1.
 78. Hardy GESTJ. Phytophthora root rot of forest trees. En: Burley J, editor. Encyclopedia of Forest Sciences. Elsevier; 2004. p. 758-766. doi: 10.1016/B0-12-145160-7/00064-8.
 79. Fragariae P, Rubi P, Citricola P, De fresa y frambuesa PE en C. Ficha técnica para el diagnóstico de Phytophthora frutillas [Internet]. Gob.mx. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723930/36._Ficha_tcnica_Phytophthora_frutillas.pdf
 80. Featherstone S. Microbiology of canned foods. In: Featherstone S, editor. A Complete Course in Canning and Related Processes. 14th ed. Woodhead Publishing; 2015. p. 3-25. doi: 10.1016/B978-0-85709-678-4.00001-4.
 81. Mucor racemosus [Internet]. Thermofisher.com. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://thermofisher.com/allergy/wo/es/allergen-fact-sheets/mucor-racemosus.html>
 82. Super User. Microorganismos psicrófilos y psicotróficos en alimentos y aguas - Cultivo cualitativo y cuantitativo; Identificación molecular (secuenciación). - IVAMI [Internet]. Ivami.com. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible

en:

<https://www.ivami.com/es/microbiologia-de-alimentos/620-microorganismos-p-sicrofilos-psicotrofos-cultivo-cualitativo-y-cuantitativo-identificacion-molecula>

83. Martínez Padrón HY, Hernández Delgado S, Reyes Méndez CA, Vázquez Carrillo G. El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Rev Mex Fitopatol* [Internet]. 2013 [citado el 20 de noviembre de 2024];31(2):126–46. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005
84. Hernández-Navarro E, Agustín-Maravilla GA, Sánchez-Rangel JC, Valadez-Ramírez P, Chan-Cupul W. Evaluación in vitro de fungicidas biológicos contra *Curvularia eragrostidis*, hongo fitopatógeno del cultivo de piña. *Rev Mex Fitopatol* [revista en la Internet]. 2023 [citado el 20 de noviembre de 2024];41(1):93-111. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-3309202300100093&lng=es. Epub 11-Ago-2023. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2206-4>
85. Molina RE, Morales RR, Valenzuela FE, Vives GI. Caracterización morfológica de *Acremonium* sp. asociado a *Neonectria fuckeliana* en *Pinus radiata* en Chile. *Bol Micol* [Internet]. 2012 Dec 5 [citado 2024 Nov 20];27(2). Disponible en: <https://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/883>
86. Sánchez-Bautista A, De León García-de Alba C, Cuca-García JM, Hernández-Anguiano AM. Efecto tóxico de *Acremonium zeae* en pollos de engorda en iniciación. *Agronomía Mesoamericana*. 2012;23(1):141-150.
87. Allende Molar R, Picos Muñoz PA, Márquez Zequera I, Carrillo Fasio JA, García Estrada RS, León Félix J. Identificación morfológica y molecular de *Penicillium oxalicum* causante de pudrición de tallos y frutos de tomate. *Rev Mex Fitopatol* [Internet]. 2013 [citado 2024 Nov 20];31(1):13-19. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-3309201300100002&lng=es.
88. Drenth A, Guest D. Phytophthora: la destructora de plantas. *Palmas*. 2013;34:49–56. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10666>.
89. Castañón-Olivares LR, Sánchez-Paredes E, Arreguín-Espinosa RA, Ruiz-Palacios y Santos GM, Carmona A, López-Martínez RA. Aislamiento de *Cryptococcus albidus* en árboles de eucalipto. *Rev Mex Micol* [Internet]. 2007;(25):21-25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88302506>.
90. Lightfoot TL. Trastornos digestivos de las aves de compañía [Internet]. *Manual de veterinaria de MSD*. [citado el 20 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.msdsvetmanual.com/es/proprietarios-de-aves/trastornos-y-enferme>

[dades-de-las-aves/trastornos-digestivos-de-las-aves-de-compa%C3%B1%C3%ADa](#)

91. Cruz-Lachica I, Márquez-Zequera I, García-Estrada RS, Carrillo-Fasio JA, León-Félix J, Allende-Molar R. Identificación de hongos mucorales causantes de la pudrición blanda en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) en México. *Rev Mex Fitopatol* [Internet]. 2017 [citado 2024 Nov 20];35(3):397-417. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092017000300397&lng=es. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1611-3>
92. Kromm M. Aspergilosis en aves de producción [Internet]. Manual de veterinaria de MSD. [citado 2024 Nov 20]. Disponible en:
<https://www.msddvetmanual.com/es/avicultura/aspergilosis-neumon%C3%ADa-de-la-nidada-neumon%C3%ADa-mic%C3%B3tica-neumomycosis/aspergilosis-en-aves-de-producci%C3%B3n>
93. Head JR, Sondermeyer-Cooksey G, Heaney AK, Yu AT, Jones I, Bhattachan A, et al. Effects of precipitation, heat, and drought on incidence and expansion of coccidioidomycosis in western USA: a longitudinal surveillance study. *Lancet Planet Health* [Internet]. 2022 [citado 2024 Ago 26];6(10):e793–803. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196\(22\)00202-9](http://dx.doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00202-9)
94. Organización Meteorológica Mundial. La Organización Meteorológica Mundial confirma que en 2023 la temperatura mundial batió todos los récords [Internet]. 2024 [citado 2024 Sep 23]. Disponible en:
<https://wmo.int/es/news/media-centre/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-en-2023-la-temperatura-mundial-batio-todos-los>
95. Sánchez Espinosa KC, Almaguer Chávez M. Aeromicología y salud humana. *Rev Cubana Med Trop* [Internet]. 2014 Dic [citado 2024 Nov 20];66(3):322-337. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-0760201400030002&lng=es.
96. Wirth A, Pacheco F, Toma N, Valiati V, Tutikian V, Gomes L. Análisis sobre el crecimiento de hongos en diferentes revestimientos aplicados a sistemas ligeros. *Rev Ing Construcción*. 2019;34(1):5-14. doi: 10.4067/S0718-50732019000100005.
97. Banco Mundial. El Banco Mundial y Colombia reafirman su compromiso con la acción climática [Internet]. Banco Mundial; 2024 [citado el 16 de junio de 2024]. Disponible en:
<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2024/04/11/el-banco-mundial-y-colombia-reafirman-su-compromiso-con-la-accion-climatica>
98. Rúa-Giraldo ÁL. Fungal taxonomy: A puzzle with many missing pieces. *Biomedica*. 2023 Ago 31;43(Sp. 1):288-311. English, Spanish. doi: 10.7705/biomedica.7052. PMID: 37721899; PMCID: PMC10588969.
99. Olivas Peraza DD. Caracterización morfométrica, molecular y patogenicidad de especies de *Curvularia* asociadas a la mancha foliar en zacate Johnson (*Sorghum halepense* L.) en el norte de Sinaloa México [Tesis de internet].

- 2020 Oct [citado 2024 Nov 20]. Disponible en: <https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2021/06/TESIS-DANIELA-OLIVAS.pdf>
100. Gull T. Hialohifomicosis en animales [Internet]. Manual de veterinaria de MSD. [cited 2024 Aug 11]. Available from: <https://www.msdivetmanual.com/es/enfermedades-generalizadas/infecciones-por-hongos-micosis/hialohifomicosis-en-animales>
 101. Guarro J. Taxonomía y biología de los hongos causantes de infección en humanos. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2012;30(1):33-39. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2011.09.006>
 102. Langlois DK, Sutton DA, Swenson CL, Bailey CJ, Wiederhold NP, Nelson NC, et al. Clinical, morphological, and molecular characterization of *Penicillium canis* sp. nov., isolated from a dog with osteomyelitis. *J Clin Microbiol*. 2014;52(7):2447–53. doi:10.1128/jcm.03602-13
 103. Soonthornsit J, Banlunara W, Niyomthum W, Pusoonthornthum R. *Penicillium* species-induced granuloma in a cat resulting in chronic lower urinary tract disease. *J Feline Med Surg*. 2013;15(12):1154–9. doi:10.1177/1098612x13491758
 104. Kanda K, Takayama K, Enoki T, Takeuchi M. Chronic postcataract endophthalmitis caused by *Penicillium* species in an immunocompetent patient. *Int Med Case Rep J*. 2018;11:259–62. doi:10.2147/imcrj.s175374
 105. Romero F, Cazzato S, Walder F, Vogelgsang S, Bender SF, van der Heijden MGA. Humidity and high temperature are important for predicting fungal disease outbreaks worldwide. *New Phytol*. 2022 Jun;234(5):1553-6. doi: 10.1111/nph.17340. Epub 2021 Apr 12. PMID: 33713447.
 106. Anderson S, Barrantes Murillo DF, Womble M, Gibbs N, Harrell K, Negrão Watanabe TT. Case Report: Novel Disseminated *Paecilomyces formosus* Infection in a Dog. *Front Vet Sci*. 2022;9:878327. doi: 10.3389/fvets.2022.878327.
 107. Douglas AP, Chen SC-A, Slavin MA. Emerging infections caused by non-*Aspergillus* filamentous fungi. *Clin Microbiol Infect*. 2016 Aug;22(8):670-80. doi: 10.1016/j.cmi.2016.01.011.
 108. Frąc M, Hannula SE, Bełka M, Jędryczka M. Fungal biodiversity and their role in soil health. *Front Microbiol*. 2018;9:707. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2018.00707>.

8. ANEXOS

Anexo 1. Figura 6. Humedal El Salitre y zonificación del área. Imagen de autoría propia. 2023

