



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>

Artículo Científico | Scientific Article

Diversidad de la población fúngica aérea presente en el Área Natural Protegida Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador

Diversity of the airborne fungal population present in the Bicentennial Park Natural Protected Area, San Salvador, El Salvador

Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez^{1,2}, Libni Granados Búcaro^{1,3}, Fidel Parada Santamaria^{1,4}

1 Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador

2  <https://orcid.org/0009-0003-9995-5279>

3  <https://orcid.org/0009-0002-3542-0243>

4  <https://orcid.org/0009-0004-2860-3978>

RESUMEN

Las esporas o fragmentos de hifas de los microhongos aéreos se dispersan por agentes ambientales, fueron colectadas y estudiadas en el Área Natural Protegida (ANP) Parque del Bicentenario, mediante exposición de cajas Petri con Papa-Dextrosa Agar (PDA), método validado por Frey y Durie (1962) y Upsher y Griffiths (1973). Se realizaron muestreos semanales (junio-septiembre 2022) en 10 sitios, exponiendo dos placas por sitio durante 5-10 minutos en horario matutino (9:00 a. m.-12:00 m.). Se identificaron 2,759 colonias fúngicas agrupadas en 33 especies y dos micelios estériles. Las divisiones taxonómicas predominantes fueron Deuteromycota/Ascomycota (26 especies), seguidas de Zygomycota (4 especies) y Deuteromycota/Basidiomycota (3 especies). El muestreo 4 registró la mayor abundancia con 353 colonias, mientras el muestreo 10 la menor con 193 colonias. Los resultados por sitio de muestreo, en la zona de bambú (sitio 8) presentó 343 colonias y el sitio área de

DOI: <https://doi.org/10.66778/RM.v09ed01.08>

Enviado: 11 de abril 2025

Aceptado: 06 de octubre 2025

Palabras clave: Hongos aéreos, esporas, dispersión, colonias fúngicas, diversidad, especies alergénicas.

Keywords: Airborne fungi, spores, dispersion, fungal colonies, diversity, allergenic species.



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

picnic-el Barío (sitio 5) se encontró 217 colonias. El índice de Diversidad Shannon-Wiener para el ANP fue de 2.146, en el sitio gimnasio al aire libre (sitio 1) fue de 2.193, registrándose como el más diverso y el sitio sendero lineal sitio 6) fue de 1.697) resultando el menos diverso. Los géneros alergénicos más frecuentes fueron *Cladosporium* sp, *Geotrichum* sp y *Rhodotorula* sp. Este estudio evidencia la diversidad fúngica en el ANP y resalta la presencia de taxones con implicaciones en salud pública.

ABSTRACT

Aerial fungi, whose spores are dispersed by environmental agents, were studied in the Parque del Bicentenario Natural Protected Area (ANP) by exposing Petri dishes with Potato-Dextrose Agar (PDA), a method validated by Frey and Durie (1962) and Upsher and Griffiths (1973). Weekly sampling was carried out (June-September 2022) at 10 sites, exposing two plates per site for 5-10 minutes in the morning (9:00 a.m.-12:00 p.m.). 2,759 fungal colonies were identified, grouped into 33 species and two sterile mycelia. The predominant taxonomic divisions were Deuteromycota/Ascomycota (26 species), followed by Zygomycota (4 species) and Deuteromycota/Basidiomycota (3 species). Sampling 4 recorded the highest abundance (353 colonies), while sampling 10 recorded the lowest (193 colonies). By site, the bamboo area (site 8) presented 343 colonies, and the picnic area-the Barío (site 5), 217. The Shannon-Wiener Diversity Index for the ANP was 2,146, with site 1 (outdoor gym: 2,193) as the most diverse and site 6 (linear path: 1,697) the least diverse. The most frequent allergenic species were *Cladosporium* sp, *Geotrichum* sp and *Rhodotorula* sp. This study shows the fungal diversity in the ANP and highlights the presence of taxa with public health implications.

INTRODUCCIÓN

La aerobiología es una disciplina científica que estudia los organismos vivos transportados por el aire, ha revelado la importancia de los bioaerosoles fúngicos en ecosistemas naturales y su impacto en la salud humana (Gregory, 1961). Desde los primeros hallazgos de esporas en el aire por Valerius Cordus en el siglo XVI hasta los estudios contemporáneos la comprensión de la diversidad fúngica atmosférica ha evolucionado significativamente, destacando su papel en procesos ecológicos como la descomposición de materia orgánica y su asociación con alergias y enfermedades respiratorias (De la Rosa et al., 2002; Herrera Aguilar, 2009). En regiones tropicales como El Salvador, donde las condiciones climáticas favorecen la proliferación de microorganismos, la caracterización de la micoflora aérea en áreas naturales protegidas adquiere relevancia tanto para la conservación ambiental como para la salud pública.

Los hongos, organismos eucariontes y heterótrofos, presentan una notable adaptabilidad morfológica y reproductiva, con esporas capaces de dispersarse a grandes distancias mediante corrientes de aire (Alexopoulos y Mims, 1985). Géneros como *Cladosporium*, *Penicillium* y *Aspergillus* dominan frecuentemente los aerobiota fúngicos en ambientes exteriores, mientras que su presencia en interiores suele correlacionarse con fuentes de humedad y material orgánico (Solís Cajas, 2011). Estudios previos en Centroamérica, como los realizados en el Parque Nacional Walter Thilo Deininger por Herrera Cornejo (2005) y en museos de Guatemala por Moreno Batres y Paxtor (2014), han identificado estas taxa como predominantes, resaltando su potencial alergénico y su variación estacional. No obstante, existen vacíos en el conocimiento de la diversidad fúngica en áreas urbanas protegidas, donde la interacción entre factores antropogénicos y dinámicas ecológicas podría modular comunidades microbianas únicas.

El Área Natural Protegida Parque del Bicentenario, ubicada en San Salvador, representa un ecosistema crítico para estudiar esta interacción. Dicho parque siendo un pulmón urbano, alberga una mezcla de vegetación nativa y especies introducidas, creando microhábitats que podrían favorecer nichos específicos para hongos aéreos. Investigaciones en contextos similares, como el análisis de bioaerosoles en Madrid (Alija Martínez, 2019) y Ayacucho (Vásquez y Ray, 2018), han demostrado que la composición fúngica varía según la topografía, la estacionalidad y la presencia de fuentes emisoras como sustratos en descomposición. Además, la identificación de especies alergénicas, como *Alternaria* y *Fusarium*, subraya la necesidad de monitorear estos entornos para prevenir riesgos sanitarios (Esquivel Vásquez, 1988).

Este estudio se centra en caracterizar la población fúngica aérea del Parque del Bicentenario durante los meses de junio a septiembre de 2022, período que abarca la transición entre estaciones seca y lluviosa en la región. Mediante un enfoque taxonómico y ecológico, se busca no solo clasificar los géneros presentes, sino también cuantificar su densidad relativa, frecuencia de ocurrencia y distribución espacial. La comparación entre puntos de muestreo permitirá identificar zonas de mayor diversidad y evaluar la influencia de variables microambientales, como humedad y vegetación, en la estructura de las comunidades fúngicas. Asimismo, se analizó la presencia de especies con potencial alergénico, contribuyendo a una base de datos local sobre bioaerosoles con implicaciones en el manejo de áreas

verdes urbanas y la prevención de enfermedades respiratorias.

La relevancia de este trabajo radica en su contribución al entendimiento de la biodiversidad fúngica en ecosistemas tropicales protegidos, siendo este un campo aún poco explorado en El Salvador. Los resultados podrían servir como referencia para futuros estudios de calidad del aire y planes de conservación, integrando perspectivas ecológicas y de salud pública. Además, al emplear metodologías estandarizadas de aerobiología, este estudio se alinea con esfuerzos globales para documentar patrones biogeográficos de microorganismos en respuesta al cambio climático y la urbanización (Sarmiento Rondón y Ramos Vargas, 2019).

METODOLOGÍA

Descripción del sitio de estudio

El Parque Bicentenario o Parque del Bicentenario es un sitio que se encuentra en el “Área Natural Protegida El Espino – Bosque de los Pericos” que abarca los municipios de Antiguo Cuscatlán y San Salvador, en El Salvador. Posee una extensión de aproximadamente 91 hectáreas (128.6 manzanas). Este ecosistema se distribuye en alturas entre los 700 msnm y los 1300 msnm. En el parque se encuentran zonas públicas, zonas de uso exclusivo, zonas en recuperación, circuito ciclístico, senderos peatonales, entre otros (Figura 1) (Henríquez et al., 2010).

Metodología de campo

Se seleccionaron 10 sitios en el ANP Parque del Bicentenario para realizar 10 muestreos, entre junio y septiembre de 2022. Los detalles de los sitios se presentan en la Tabla 1.

Exposición de medios de cultivo

Se utilizó el método de exposición de cajas Petri al aire, empleado por Frey y Durie (1962) y Upsher y Griffiths (1973), usando Papa- Dextrosa Agar (PDA) como medio de cultivo. En cada uno de los 10 sitios de muestreo, se colocaron dos cajas Petri, a una altura de 1.50 m, expuestas durante 5 a 10 minutos. Las muestras fueron colectadas entre las 9:00 a. m. y 12:00 m. Posteriormente, las cajas se sellaron e incubaron a temperatura ambiente durante cinco días para observar la presencia de colonias de hongos microscópicos. Además, se obtuvieron los promedios mensuales de los datos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento) proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2022).

Figura 1

Croquis de ubicación geográfica del Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador (Henríquez et al., 2010)

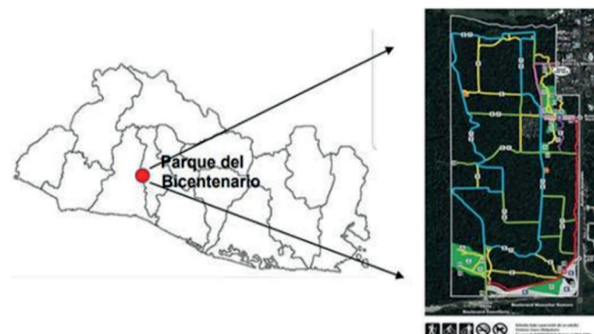


Tabla 1

Sitios de estudio en el ANP Parque del Bicentenario (junio - septiembre de 2022)

Sitios	Lugar
1	Gimnasio al aire libre
2	Área de picnic 5 – catalnicas
3	Sendero de cotuzas
4	Prolongación del sendero de cotuzas
5	Área de Picnic 3 – Bario
6	Sendero lineal
7	Prolongación del sendero lineal
8	Zona de Bambú
9	Área recreativa 8 – explanada Sur
10	Ciclovía / Senda peatonal

Metodología de laboratorio

Las colonias se observaron en un microscopio estereoscópico para determinar morfología, textura y color de la colonia; posteriormente, con la ayuda de un microscopio de campo claro y claves taxonómicas se determinaron las características taxonómicas para ubicarlos en determinado género y/o especie. Después se contabilizaron.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se emplearon las fórmulas de Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) para analizar la distribución y frecuencia de los hongos microscópicos presentes. Además, se utilizó el Índice de Diversidad de Shannon–Wiener para evaluar la diversidad de las comunidades. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico Past 4.03.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los muestreos realizados en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, entre los meses de junio a septiembre del 2022, se presentó un número total de 2,759 colonias de hongos del aire, correspondientes a 33 especies diferentes y dos Micelios estériles (cristalino y pigmentado).

Las colonias de hongos del aire se agrupan en tres divisiones taxonómicas, la mayor cantidad de colonias encontradas pertenecen a la División Deuteromycota/Ascomycota, entre estos los que presentaron mayor Densidad Relativa y Frecuencia de Ocurrencia fueron: *Cladosporium* sp, *Geotrichum* sp, *Fusarium* sp, *Torulopsis* sp y en menor cantidad se obtuvieron esporas fúngicas de las divisiones Zygomycota y Deuteromycota/Basidiomycota.

En la tabla 2 se presentan los géneros representativos que tuvieron el mayor número de colonias, densidad relativa y frecuencia de ocurrencia por muestreo; destacando el Micelio estéril cristalino que presentó un número total de 967 colonias, con una D.R.= 35.05%, seguido de Micelio estéril pigmentado con 449 colonias, con una D.R.=16.27%; la especie con mayor número de colonias fue *Cladosporium* sp con 322, con una D.R.= 11.67%, seguido de *Rhizoctonia* sp con 208 colonias, con una D.R.= 7.54; *Geotrichum* sp con 181 colonias, con una D.R.=6.56%; *Torulopsis* sp con 153 colonias, con una D.R.= 5.55%; *Rhodotorula* sp con 129 colonias, con una D.R.=4.68; *Humicola* sp con 88 colonias, con una D.R.=3.19% y *Fusarium* sp con 66 colonias, con una D.R.=2.39%; Todas estas especies presentaron una F.O. de 100%. Las especies menos representativas presentaron un número total entre 1 a 66 colonias. De igual manera estas especies tuvieron una Densidad Relativa entre 0.04% a 2.39% y una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 80%.

Los seis muestreos con mayor cantidad de colonias fúngicas oscilaron entre 276 y 353 colonias. El muestreo cuatro registró la mayor cantidad con 353 colonias, destacando el Micelio estéril cristalino con 116 colonias, seguido por *Rhizoctonia* sp con

Tabla 2

Géneros representativos con mayor número de colonias, Densidad Relativa (D.R.%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) por muestreo en el ANP Parque del Bicentenario

Géneros	Σ	D.R (%)	F.O (%)
Micelio estéril cristalino	967	35.05	100.00
Micelio estéril pigmentado	449	16.27	100.00
<i>Cladosporium</i> sp	322	11.67	100.00
<i>Rhizoctonia</i> sp	208	7.54	100.00
<i>Geotrichum</i> sp	181	6.56	100.00
<i>Torulopsis</i> sp	153	5.55	100.00
<i>Rhodotorula</i> sp	129	4.68	100.00
<i>Humicola</i> sp	88	3.19	100.00
<i>Fusarium</i> sp	66	2.39	100.00

62 colonias y *Cladosporium* sp con 43. Seguido del muestreo dos que presentó 316 colonias, con predominancia de Micelio estéril cristalino con 117 colonias, *Cladosporium* sp y con *Torulopsis* sp con 35 colonias cada uno. Le sigue el muestreo 3 con 307 colonias, donde resaltaron el Micelio estéril cristalino con 109 colonias, *Cladosporium* sp y *Geotrichum* sp con 35 y 19 colonias respectivamente. Por su parte, el muestreo 9 presentó 292 colonias, destacando *Rhizoctonia* sp con 59 colonias y *Geotrichum* sp con 32 colonias.

El muestreo uno registró 278 colonias, con una alta presencia de Micelio estéril cristalino con 96 colonias, *Humicola* sp con 37 y *Cladosporium* sp con 21. Finalmente, el muestreo 7 tuvo 276 colonias, resaltando *Cladosporium* sp y *Geotrichum* sp con 93 y 25 colonias respectivamente. Los demás muestreos presentaron un rango entre 193 y 262 colonias fúngicas.

Al observar la distribución de los hongos del aire de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas es evidente que la mayoría de especies fúngicas aisladas son miembros de la División Deuteromycota/Ascomycota, debido a que es un grupo de organismos que poseen mecanismos que favorecen la dispersión de esporas en el aire, además, poseen características morfológicas como el tamaño y la cantidad de esporas necesarias para ese fin.

En esta investigación se observa un notable predominio de la división Deuteromycota/Ascomycota con un total de 26 especies, cuatro especies de la división Zygomycota, tres especies de Deuteromycota/Basidiomycota y dos Micelios

estériles: cristalino y pigmentado. Estos datos coinciden con la tesis de Arias Bonilla (1982) titulada "Análisis cualitativo y cuantitativo de las distribuciones mensuales de la micoflora de suelo y aire de una comunidad del Cerro Verde". En sus resultados encontró un total de 47 especies solamente de la división Deuteromycota, a diferencia de las divisiones Zygomycota, Basidiomycota y Ascomycota que presentaron menor cantidad de especies.

El Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, presenta una población fúngica aérea diversa, la cual se puede deber a la influencia que los factores medio ambientales ejercen sobre esta área de estudio. En este sentido, Kramer et al. (1959) reportaron que la cantidad de lluvia combinada con temperatura cálida, provee excelentes condiciones para el desarrollo y esporulación de hongos; también encontraron que valores bajos de precipitación pluvial limitaron la presencia de esporas fúngicas aéreas en Kansas; así mismo, Pathak y Pady (1965) citado por (Martínez Hernández 1987), reportaron que bajas temperaturas, radiación y baja humedad relativa pueden tener un efecto adverso para las esporas de muchos hongos aéreos.

Cladosporium sp. fue la especie más representativa en esta investigación, lo que puede atribuirse a su carácter cosmopolita y su amplia distribución global, ampliamente documentada en la literatura. Este hallazgo es consistente con estudios realizados en diversas regiones, como Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Israel, Japón, Australia, Sudáfrica y Norteamérica, los cuales han demostrado que *Cladosporium* sp es el hongo aerotransportado más dominante (Kramer et al., 1959; Derrick y McLennan, 1963; citado por Rivera Funes, 1986).

Cladosporium sp. presentó la mayor Frecuencia de Ocurrencia y Densidad Relativa entre las especies identificadas. Este resultado podría estar relacionado con el horario de los muestreos, los cuales se realizaron en la mañana. Dado que *Cladosporium* sp, exhibe una periodicidad diurna, su máxima diseminación de esporas ocurre durante las primeras horas del día, como lo señalan Pathak y Pady (1965).

El análisis de los 10 muestreos realizados reveló que, el muestreo número cuatro fue el más representativo con un total de 353 colonias. Este resultado podría estar influenciado por factores físico-ambientales como el viento, la temperatura y la humedad relativa, los cuales desempeñan un papel clave en la dispersión y aislamiento de esporas fúngicas.

Además, es relevante señalar que este muestreo se llevó a cabo durante la primera semana de agosto, coincidiendo con las fiestas de dicha época, lo que provocó un aumento en la afluencia de personas y animales domésticos en el parque. Asimismo, se registraron corrientes de viento de intensidad moderada a elevada, destacándose los sitios 8, 9 y 10, caracterizados por una menor cobertura vegetal, lo que favoreció una mayor dispersión de esporas.

El viento es un factor climático clave en la variación del número de esporas fúngicas aisladas en los muestreos, ya que representa su principal medio de diseminación. Se observó que los muestreos con mayor aislamiento de esporas coincidieron con días de mayor intensidad en las corrientes de aire, destacando el muestreo cuatro con 353 colonias, seguido del muestreo 2 con 316 colonias y el muestreo tres con 307 colonias.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Álvarez y Castro (1952), citados por Herrera Cornejo (2005), quienes reportaron que el contenido de esporas tiende a ser más alto en días ventosos, independientemente de la dirección del viento. Asimismo, Christensen (1964) señala que las esporas fúngicas han desarrollado adaptaciones para su transporte, ya sea a través de los animales o, principalmente, mediante el viento, debido a su reducido tamaño y peso.

Al comparar los 10 muestreos con las condiciones físico-ambientales, se destaca que el muestreo 10 presentó el menor número de colonias, con un total de 193. Esto se atribuye a la presencia de pequeñas precipitaciones durante el muestreo, lo que favoreció la hidratación y posterior sedimentación de las esporas suspendidas en el aire. Según Christensen (1964), las primeras gotas de una tormenta pueden contener una alta concentración de esporas fúngicas; sin embargo, a medida que la lluvia se prolonga, su cantidad en el ambiente tiende a disminuir significativamente.

La tabla 3, presenta los géneros representativos que tuvieron el mayor número de colonias, densidad relativa y frecuencia de ocurrencia por sitio; siendo el Micelio estéril cristalino el más abundante, con 967 colonias y una D.R.= de 35.05%, seguido del Micelio estéril pigmentado con 449 colonias con una D.R. = 16.27%.

Entre los géneros representativos destaca, *Cladosporium* sp como el más predominante, con 322 colonias, con una D.R. = 11.67%, seguido de *Rhizoctonia* sp con 208 colonias una D.R. = 7.54%,

Tabla 3

Géneros representativos con mayor número de colonias, Densidad Relativa (D.R.: %) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) por sitio en el ANP Parque del Bicentenario

Géneros	Σ	D.R (%)	F.O (%)
Micelio estéril cristalino	967	35.05	100.00
Micelio estéril pigmentado	449	16.27	100.00
<i>Cladosporium sp</i>	322	11.67	100.00
<i>Rhizoctonia sp</i>	208	7.54	100.00
<i>Geotrichum sp</i>	181	6.56	100.00
<i>Torulopsis sp</i>	153	5.55	100.00
<i>Rhodotorula sp</i>	129	4.68	100.00
<i>Humicola sp</i>	88	3.19	100.00
<i>Fusarium sp</i>	66	2.39	100.00

Geotrichum sp. con 181 colonias, una D.R. = 6.56%, *Torulopsis sp.* con 153 colonias, una D.R. = 5.55%, *Rhodotorula sp* con 129 colonias, una D.R. = 4.68%, *Humicola sp.* con 88 colonias, una D.R. = 3.19% y *Fusarium sp.* con 66 colonias, una D.R. = 2.39%.

Todas estas especies presentaron una Frecuencia de Ocurrencia (F.O.) del 100%. Las especies menos representativas registraron entre 1 y 66 colonias, con una Densidad Relativa entre 0.04% y 2.39%, y una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% y 80%.

Las colonias de Micelio estéril fueron las más abundantes, clasificándose en dos tipos: cristalino y pigmentado. El Micelio estéril cristalino presentó el mayor número de colonias, con 967, mientras que el Micelio estéril pigmentado registró 449 colonias. Estas colonias corresponden a hongos que no lograron fructificar, posiblemente debido a que el medio de cultivo utilizado no proporcionó los nutrientes adecuados para su esporulación.

Según el Índice de Diversidad Biológica de Shannon-Wiener, el ANP Parque del Bicentenario presentó un valor de 2.146, lo que indica una diversidad media de especies. Al analizar el índice por sitio, se determinó que el sitio 1, denominado "Gimnasio al aire libre", presentó la mayor diversidad, con un valor de 2.193, indicando diversidad media. En contraste, el sitio 6, denominado "Sendero lineal", registró la menor diversidad, con un valor de 1.697, lo que corresponde a una diversidad baja.

Tabla 4

Listado de especies fúngicas con mayor potencial alergénico, Densidad Relativa (%) y Frecuencia de Ocurrencia (%), en El ANP Parque del Bicentenario

	ESPECIES	MUESTREO		SITIO
		D.R. (%)	F.O. (%)	F.O. (%)
1	<i>Cladosporium sp</i>	11.67%	100%	100%
2	<i>Geotrichum sp</i>	6.56%	100%	100%
3	<i>Rhodotorula sp</i>	4.68%	100%	100%
4	<i>Fusarium sp</i>	2.39%	100%	100%
5	<i>Cándida sp</i>	0.94%	80%	80%
6	<i>Penicillium sp1</i>	2.39%	60%	60%
7	<i>Aureobasidium sp1</i>	0.98%	60%	60%
8	<i>Curvularia lunata</i>	0.51%	60%	60%
9	<i>Aspergillus glaucus</i>	0.18%	50%	10%
10	<i>Aspergillus versicolor</i>	0.14%	40%	30%
11	<i>Penicillium sp3</i>	0.14%	30%	40%
12	<i>Alternaria sp</i>	0.14%	20%	10%
13	<i>Aspergillus oryzae</i>	0.11%	20%	30%
14	<i>Mucor sp</i>	0.11%	20%	30%
15	<i>Aspergillus candidus</i>	0.07%	20%	10%
16	<i>Penicillium sp2</i>	0.11%	10%	20%
17	<i>Aspergillus tamarii</i>	0.07%	10%	20%
18	<i>Rhizopus sp</i>	0.07%	10%	10%
19	<i>Aureobasidium sp2</i>	0.04%	10%	10%

La tabla 4, muestra el listado con la Densidad Relativa (%) y Frecuencia de Ocurrencia (%) según muestreos y sitios de las especies fúngicas con mayor potencial alergénico, en El ANP Parque del Bicentenario. *Cladosporium* y *Alternaria*, hongos alergénicos respiratorios, se vinculan con asma y fiebre del heno. *Geotrichum*, *Aspergillus* y *Cándida* provocan inflamación bronquial persistente y bronquiectasias. *Rhodotorula* afecta a inmunocomprometidos. *Fusarium* se asocia a asma y rinitis perenne en niños. *Cándida* causa infecciones graves en pacientes inmunosuprimidos. *Penicillium*, con alta capacidad enzimática, coloniza vías respiratorias. *Aureobasidium* se relaciona con asma en atópicos. *Curvularia* y *Aspergillus* agravan rinitis y asma; este último causa aspergilosis mortal en inmunodeprimidos. *Mucor* genera alergias e infecciones severas. *Rhizopus* libera esporas alergénicas, desencadenando síntomas respiratorios y cutáneos (Pontón et al., 2002), (Rodríguez-Orozco et al., 2010) y (Moctezuma Zárate et al., 2015).

CONCLUSIONES

La atmósfera de la tierra posee una enorme cantidad de esporas fúngicas, debido a su pequeño tamaño y peso son fácilmente transportadas por el agua, animales y el viento como su principal diseminador. La producción de esporas en grandes cantidades es una de las razones del éxito de los hongos.

Con base a los resultados obtenidos y comparándolos con las referencias de otros autores, se confirma que existe una amplia cantidad y diversidad de población fúngica aérea en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario. La mayoría de las especies encontradas en esta investigación pertenecen a la División Deuteromycota/Ascomycota, seguido de la División Zygomycota y Deuteromycota/Basidiomycota.

La biodiversidad de especies fúngicas aéreas del Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, fue de 33 especies y 2 Micelios estériles (pigmentado y cristalino); de la División Deuteromycota/Ascomycota se obtuvieron 26 especies, seguido de la División Zygomycota con 4 especies y Deuteromycota/Basidiomycota con 3 especies.

La especie representativa fue *Cladosporium* sp, seguido por *Rhizoctonia* sp y *Geotrichum* sp. Al comparar las poblaciones fúngicas encontradas en los diferentes muestreos, se obtuvo que el muestreo 4, fue el más diverso con 353 colonias y el muestreo 10 con 193 colonias, fue el que obtuvo menor diversidad en esta investigación.

Al realizar la comparación del Índice de Diversidad Biológica de Shannon Weiner por sitios, el sitio 1 llamado "Gimnasio al aire libre" presentó el mayor índice diversidad con un valor de 2.193 y el sitio 6 llamado "Sendero lineal" presentó el menor índice de diversidad con un valor de 1.697.

El índice de Diversidad Biológica de Shannon Weiner obtuvo un valor de 2.146, lo que indica que el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, presenta una diversidad media de especies.

Cladosporium sp, *Geotrichum* sp y *Rhodotorula* sp, fueron las especies alergénicas más abundantes en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario.

REFERENCIAS

- Alexopoulos, C. J., & Mims, C. W. (1985). *Introductory mycology* (3rd ed.). Wiley.
- Alija Martínez, B. (2019). *Evaluación del bioaerosol fúngico presente en el aire interior de las*

clínicas de podología de la Comunidad de Madrid [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51798/1/T40983.pdf>

- Álvarez, J. C., & Castro, J. F. (1952). Quantitative studies of airborne fungi of Havana in each of the twenty-four hours of the day. *Journal of Allergy*, 23, 259.
- Ancasi, E. G. (2007). *Manual de microbiología de los alimentos* (cap. 4, pp. 40–46). <http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/4%20levaduras.pdf>
- Arias Bonilla, S. del C. (1982). *Análisis cualitativo y cuantitativo de las distribuciones mensuales de la micoflora del suelo y aire en una comunidad del Cerro Verde* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Christensen, C. M. (1964). *Los hongos y el hombre* (2.ª ed.). Editorial Interamericana.
- De la Rosa, M., Mosso, M., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Revista Observatorio Medioambiental*, 5, 375–402. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A/21767>
- Derrick, E., & McLennan, E. I. (1963). Fungus spores found in the air in Melbourne (Victoria), Australia. *Acta Allergologica*, 18, 26–43.
- Esquivel Vásquez, R. E. (1988). *Análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la Biblioteca Nacional de El Salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Frey, D., & Durie, B. (1962). Estimation of air-borne fungus spores: A comparison of slide and culture methods. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 16, 229–303.
- Gregory, P. H. (1961). *The microbiology of the atmosphere*. Leonard Hill Ltd.
- Gregory, P. H., & Lacey, M. E. (1963). Mycological examination of dust from mouldy hay associated with farmer's lung disease. *Journal of General Microbiology*, 30, 75–88.
- Henríquez, V., Lara, K., y Komar, O. (2010). *Ecosistemas de alto valor para la conservación en El Salvador*. SalvaNatura.
- Herrera Aguilar, K. L. (2009). *Impacto de la calidad microbiológica del aire externo en el ambiente interno en la salud del personal de*

- cuatro laboratorios de instituciones públicas en la Ciudad de Guatemala y Bárcenas Villa Nueva* (Proyecto FODECYT 002-08). <http://glifos.senacyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202008.02.pdf>
- Herrera Cornejo, C. A. (2005). *Población fúngica aérea en zonas boscosas del Parque Nacional Walter Thilo Deininger, La Libertad, El Salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8836/1/19200751.pdf>
- Kramer, C. L., Pady, S. M., & Rogerson, C. T. (1959). Kansas aeromycology III: *Cladosporium*. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 62(3), 200–207.
- Martínez Hernández, J. A. (1987). *Análisis cualitativo y cuantitativo de esporas fúngicas aéreas en dos comunidades del Parque Nacional Walter Thilo Deininger* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2022, diciembre). *Resumen climatológico*. <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/resumen+climatologico+mensual>
- Moreno Batres, M., y Paxtor Caté, J. (2014). *Determinación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos museos de la ciudad de Guatemala* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Moctezuma Zárate, M. de G., Enríquez Domínguez, E., Ramírez Mateos, P., Acosta Rodríguez, I., Cárdenas González, J. F., y Fragoso Morales, L. E. (2015). Aislamiento de hongos alergénicos en una biblioteca universitaria. *Acta Universitaria*, 25(NE-1), 32–38. <https://doi.org/10.15174/au.2015.758>
- Pathak, V. K., & Pady, S. M. (1965). Numbers and viability of certain airborne fungus spores. *Mycologia*, 57, 301–310.
- Perkins, V., Vignola, S., Lessard, M. H., Plante, P. L., Corbeil, J., Dugat-Bony, E., Frenette, M., & Labrie, S. (2020). Phenotypic and genetic characterization of the cheese ripening yeast *Geotrichum candidum*. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00737>
- Pontón, J., Moragues, D., Gené, J., Guarro, J., y Quindós, G. (2002). *Hongos y actinomicetos alergénicos*. *Revista Iberoamericana de Micología*.
- Rivera Funes, R. A. (1986). *Análisis cualitativo y cuantitativo de las especies fúngicas presentes en el aire durante la época seca en diferentes zonas de San Salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Rodríguez-Orozco, A. R., Méndez-López, T. T., & Moreno-Chimal, K. (2010). Sensitization to fungi allergens as a cause of respiratory allergic disease. *Acta Universitaria*, 41(4), 137–142.
- Sarmiento-Rondón, D. A., y Ramos-Vargas, A. T. (2019). *Evaluación de la presencia de bioaerosoles contenidos en material particulado mediante el método de impactación*. [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2155&context=ing_ambiental_sanitaria
- Solís Cajas, E. R. (2011). *Estudio micológico del aire en áreas ocupacionales y exteriores...* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3102.pdf
- Upsher, F. J., & Griffiths, D. A. (1973). Air spora of a site in tropical Queensland, Australia. *Transactions of the British Mycological Society*, 61(3), 537–545. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(73\)80123-8](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(73)80123-8)
- Vásquez, R., y Ray, H. (2018). *Contaminación fúngica aeroambiental de bibliotecas y museos de la ciudad de Ayacucho 2017* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].