

**Universidad de El Salvador**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Matemática**  
**Escuela de Biología**



**“DIVERSIDAD DE LA POBLACIÓN FÚNGICA AÉREA PRESENTE EN EL ÁREA  
NATURAL PROTEGIDA PARQUE DEL BICENTENARIO,  
SAN SALVADOR, EL SALVADOR”.**

**Trabajo de Graduación Presentado por:**

Granados Búcaro, Libni Abigail GB16024

Parada Santamaría, Fidel Ángel PS16005

**Para Optar al Grado de:**

Licenciatura en Biología

Ciudad Universitaria, octubre del 2023

**Universidad de El Salvador**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Matemática**  
**Escuela de Biología**



**“DIVERSIDAD DE LA POBLACIÓN FÚNGICA AÉREA PRESENTE EN EL ÁREA  
NATURAL PROTEGIDA PARQUE DEL BICENTENARIO,  
SAN SALVADOR, EL SALVADOR”.**

**Trabajo de Graduación Presentado por:**

Granados Búcaro, Libni Abigail	GB16024
Parada Santamaría, Fidel Ángel	PS16005

**Para Optar al Grado de:**

Licenciatura en Biología

**Docente asesor:**

M.Sc. Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez.

Ciudad Universitaria, octubre del 2023

**Universidad de El Salvador**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Matemática**  
**Escuela de Biología**



**“DIVERSIDAD DE LA POBLACIÓN FÚNGICA AÉREA PRESENTE EN EL ÁREA  
NATURAL PROTEGIDA PARQUE DEL BICENTENARIO,  
SAN SALVADOR, EL SALVADOR”.**

**Trabajo de Graduación Presentado por:**

Granados Búcaro, Libni Abigail GB16024

Parada Santamaría, Fidel Ángel PS16005

**Para Optar al Grado de:**

Licenciatura en Biología

**TRIBUNAL CALIFICADOR:**

**Jurado Externo:**

M. Ed. Enma Patricia Molina Díaz.  \_\_\_\_\_

M. Sp. Oscar Enrique Díaz Hernández.  \_\_\_\_\_

Ciudad Universitaria, octubre del 2023

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD**

### **Universidad de El Salvador**

#### **Rector**

M.Sc. Roger Armando Arias

#### **Vicerrector Académico**

PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga López

#### **Vicerrector Administrativo**

Ing. Juan Rosa Quintanilla

#### **Secretario General**

Ing. Francisco Alarcón

#### **Fiscal**

Lic. Rafael Humberto Peña Marín

### **Facultad de Ciencias Naturales y Matemática**

#### **Decano**

Lic. Ernesto Américo Hidalgo Castellanos

#### **Vice Decano**

M.Sc. Zoila Virginia Guerrero Mendoza

#### **Secretaria**

Lic. Jaime Humberto Salinas Espinoza

#### **Directora Interina Escuela de Biología**

Licda. Milagro Elizabeth Salinas Delgado

Ciudad Universitaria, octubre del 2023

## DEDICATORIA

“A mis padres María Elena Santamaria Chávez y Fidel Ángel Parada Berríos quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo, me han permitido alcanzar esta meta, por inculcarme valores como la responsabilidad, esfuerzo y la determinación.

A mis abuelos Nora Berríos Rivas y Fidel Ángel Parada Pacheco; y mi otra madre Flor de María Cárcamo, por educarme y mostrarme el valor de la vida.

A mis hermanos, por acompañarme en todo este camino de esfuerzos y sacrificios.

A mi amiga y compañera de tesis Abigail Búcaro por el apoyo incondicional y entusiasmo durante todo este proceso.

A mi novia María José por apoyarme en todos los años de la carrera y motivarme a no rendirme nunca”.

Fidel Parada

## **DEDICATORIA**

“A Dios, por su infinita misericordia; por darme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Ernesto Granados y Beatriz Búcaro de Granados, por su amor, comprensión y apoyo en cada momento de mi vida; por enseñarme a no rendirme e inculcarme el ejemplo de esfuerzo y valentía; además por haberme animado y provisto de lo necesario para finalizar mis estudios.

A mis hermanas, Katlyn, Michelle y Arely, con mucho cariño por su apoyo moral y afectivo.

A mi abuelita, Alba Arely, por todo su apoyo y amor.

A mi amigo y compañero de tesis Fidel Parada Santamaría, por todo su apoyo, comprensión y ánimo en todo momento

A mis familiares, profesores y amigos, por sus palabras de aliento, ánimo y todo su apoyo incondicional”.

Libni Abigail Granados

## **AGRADECIMIENTOS.**

A nuestra asesora M. Sc. Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez por el valioso apoyo brindado a lo largo de este proceso de investigación. Desde el inicio de esta travesía académica, ofreciendo su apoyo incondicional, motivando y brindando la oportunidad de crecer en aprendizaje.

A los M. Ed. Enma Patricia Molina Díaz y M. Sp Oscar Enrique Díaz Hernández, miembros del jurado calificador, por su pronta y valiosa colaboración, disponibilidad y consejos.

Al cuerpo de docentes de la Escuela de Biología. En especial al M. Sc. Francisco Antonio Chicas Batres, por apoyarnos en resolver cada duda que se presentaba durante el proceso de investigación, al M. Sc. Miguel Ángel Moreno Mendoza por apoyarnos con equipo y materiales de laboratorio cuando se necesitaban.

Al Licenciado Jairo Galileo Marroquín Elías Coordinador de Procesos de Trabajos de Grado de la Escuela de Biología, por su gestión durante los trámites correspondientes a esta investigación y el préstamo de su equipo profesional para llevar a cabo de forma presencial la presentación de esta investigación.

Al Programa Jóvenes Talento de la Universidad de El Salvador, por prestarnos equipo de laboratorio como Microscopios de Campo Claro y Microscopios Estereoscópicos, los cuales fueron fundamentales para poder desarrollar este trabajo de investigación.

Al Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por prestarnos cristalería y materiales de laboratorio, con el cual se pudo concluir este trabajo de investigación.

A nuestro amigo y compañero Eliseo Antonio Ramírez López, quien nos acompañó y apoyó en este proceso.

A nuestra familia y amigos, quienes siempre han estado presentes, apoyándonos y motivándonos en cada etapa de esta investigación y carrera.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>N° de PÁG.</b>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION .....	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos .....	3
MARCO TEÓRICO.....	4
Antecedentes .....	4
Antecedentes históricos .....	4
Estudios previos.....	5
Fundamentos teóricos.....	8
Generalidades de los hongos .....	8
El Aire.....	14
Factores que intervienen en el crecimiento y dispersión de los microhongos:.....	17
Géneros fúngicos más frecuentes. ....	19
Importancia de los hongos .....	19
Clasificación de los hongos. ....	21
METODOLOGÍA .....	28
Descripción del sitio de estudio.....	28
Metodología de campo. ....	29
Metodología de laboratorio .....	31
Análisis estadístico.....	32
RESULTADOS.....	33
DISCUSIÓN .....	53
CONCLUSIONES. ....	62
RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXO.....	77

## LISTADO DE CUADROS

CUADROS	N° de PÁG.
<b>Cuadro 1.</b> Sitios de estudio en el ANP Parque del Bicentenario (junio - septiembre de 2022). .....	29
<b>Cuadro 2.</b> Número total de colonias fúngicas por fechas de muestreo, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022. ....	35
<b>Cuadro 3.</b> Número de colonias fúngicas encontradas en el ANP, Parque del Bicentenario de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas, de junio a septiembre de 2022. ....	37
<b>Cuadro 4.</b> Especies fúngicas agrupadas por rango de D.R (%), en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022. ....	39
<b>Cuadro 5.</b> Especies fúngicas agrupadas por rangos de F.O (%), en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022. ....	41
<b>Cuadro 6.</b> Número total de colonias fúngicas por sitio, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022. ....	45
<b>Cuadro 7.</b> Especies fúngicas agrupadas por rangos de F.O (%) por sitio, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022. ....	47
<b>Cuadro 8.</b> Índice de Diversidad Shannon Wiener por muestreos, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022. ....	49
<b>Cuadro 9.</b> Comparación del Índice de Diversidad Shannon Wiener por sitios de muestreo, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022. ....	50
<b>Cuadro 10.</b> Densidad Relativa (%) Y Frecuencia de Ocurrencia (%) de las especies fúngicas con mayor potencial alergénico según muestreos y sitios en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022. ....	52

## LISTADOS DE FIGURAS

FIGURAS	N° de PÁG.
<b>Figura 1.</b> Estructuras reproductoras: A: Esporangio, B: Esporangiosporas, C: Esporangióforo, D: Zigospora madura, E y F: Suspensores. Fotografía: Rojas Loria. ....	22
<b>Figura 2.</b> Estructuras reproductoras: A y C: Ascas, B y D: Ascosporas o esporas sexuales. Fotografía: Adesper y EcuRed.....	23
<b>Figura 3.</b> Estructuras reproductoras: A y C: Basidios, B y D: basidiósporas o esporas. Fotografía: Marcelo Aroca.....	24
<b>Figura 4.</b> Agrupaciones de conidióforos: A: Sinema, B: esporodoquio, C: acérvulo, D: picnidio. Fotografía: SlidePlayer .....	26
<b>Figura 5.</b> Géneros representativos: A: <i>Penicillium</i> , B: <i>Aspergillus</i> , C: <i>Cladosporium</i> y D: <i>Fusarium</i> . Fotografías: Elaboración propia.....	26
<b>Figura 6.</b> Croquis de ubicación geográfica del Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador.....	28
<b>Figura 7.</b> Puntos georreferenciados de los sitios de muestreo en el ANP Parque del Bicentenario. Elaboración propia. Google Earth y GPS Status Pro licencia.....	30
<b>Figura 8.</b> Número total de colonias fúngicas por muestreo, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022. ....	36
<b>Figura 9.</b> Número de colonias fúngicas aéreas en el ANP, Parque del Bicentenario de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas, de junio a septiembre de 2022.....	38
<b>Figura 10.</b> Densidad Relativa (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP, Parque del Bicentenario por muestreo, de junio a septiembre de 2022. ....	40
<b>Figura 11.</b> Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP, Parque del Bicentenario por muestreo, de junio a septiembre de 2022. ....	42
<b>Figura 12.</b> Número total de colonias fúngicas por sitio, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022. ....	46
<b>Figura 13.</b> Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP, Parque del Bicentenario por sitio, de junio a septiembre de 2022. ....	48
<b>Figura 14.</b> Comparación del Índice de Diversidad Shannon Wiener por sitios, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.....	51

## RESUMEN

Los hongos del aire son organismos microscópicos, poseen unidades reproductoras llamadas esporas, las cuales son dispersadas por el viento, el agua e incluso por los animales. Para conocer la micoflora presente en el Área Natural Protegida (ANP), Parque del Bicentenario, se utilizó el método de exposición de cajas Petri al aire, el cual es considerado como el mejor para la identificación y determinación de las especies fúngicas. Este método también fue empleado por Frey y Durie (1962) y Upsher y Griffiths (1973). Del mismo modo se utilizó Papa- Dextrosa Agar (PDA) como medio de cultivo.

Para el estudio de las esporas fúngicas del aire se realizaron muestreos semanales durante un período de 3 meses, de junio a septiembre del 2022, en el cual previamente se seleccionaron 10 sitios de muestreos. En cada sitio de muestreos se expusieron 2 cajas Petri en un intervalo de 5 a 10 minutos, las muestras fueron tomadas en horas de la mañana, entre las 9:00 a.m. y 12 m.

Durante los muestreos realizados en el ANP, Parque del Bicentenario, 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 encontradas se agrupan en 3 Divisiones taxonómicas; la mayor cantidad de colonias fúngicas pertenecen a la División Deuteromycota/Ascomycota (26 especies) y en menor cantidad se obtuvieron esporas fúngicas de las Divisiones Zygomycota (4 especies), Deuteromycota/Basidiomycota (3 especies) y 2 Micelios estériles.

Referente a muestreos, el muestreo 4 presentó un mayor número de colonias fúngicas con un total de 353 y el muestreo 10 obtuvo la menor cantidad con un total de 193 colonias. Referente a sitios, el sitio 8 “Zona de bambú” presentó un mayor número de colonias fúngicas con un total de 343, y el que presentó menor número fue el sitio 5 “Área de picnic-el Barío” con 217 colonias.

El Índice de Diversidad Shannon Wiener en los muestreos realizados dentro del ANP Parque del Bicentenario, presentó un valor de 2.146. Este mismo índice determinó el sitio 1 (Gimnasio al aire libre) como el más diverso con un valor de 2.193; el menor índice de diversidad con un valor de 1.697 fue el sitio 6 (sendero lineal).

De este estudio, *Cladosporium* sp, *Geotrichum* sp y *Rhodotorula* sp, son las especies alergénicas más frecuentes que se encontraron dentro del ANP, Parque del Bicentenario.

## INTRODUCCION

Los hongos son organismos heterótrofos que prosperan en cualquier medio que les proporcionen condiciones adecuadas para su crecimiento, reproducción y dispersión (Wilson y Loomis, 1968). Los hongos pueden ser microscópicos o macroscópicos, poseen unidades reproductoras llamadas esporas, las cuales son dispersadas por el viento, el agua e incluso por los animales. El éxito de los hongos para dispersarse en todos los estratos es gracias a la producción de grandes cantidades de esporas. La velocidad de desarrollo y la gran cantidad de descendencia ayudan a comprender que el aire libre posea una pesada carga de esporas y fragmentos de hifas de hongos, aunque estas sean invisibles (Christensen, 1964).

El aire es una capa gaseosa que rodea la tierra y donde ocurren constantemente diversas reacciones físicas y químicas, las cuales son muy importantes en procesos vitales (Celsi y Iacobucci, 1963). En el ambiente aéreo se encuentran bacterias, hongos, algas y protozoarios, siendo los dos primeros grupos los predominantes (Esquivel et al., 2003).

La calidad del aire es un factor importante para la salud ambiental y esta calidad está relacionada, en parte, por la carga fúngica presente. Los hongos desempeñan un papel importante en el desarrollo de algunas infecciones, reacciones alérgicas cutáneas y respiratorias, causadas estas últimas por la inhalación de organismos fúngicos, los cuales debido a su tamaño y peso son fácilmente dispersados por el viento (Coutiño Bello, 1979).

Se han realizado muchos estudios de esporas fúngicas del aire, principalmente en países de climas templados; sin embargo, en El Salvador son pocos los estudios realizados, acerca de la micoflora del aire en zonas boscosas o en ANPs a pesar de la riqueza natural con la que este país cuenta.

En este trabajo de investigación se estudió la diversidad de la población fúngica aérea presente en el Área Natural Protegida Parque del Bicentenario, durante los meses de junio-septiembre del año 2022. Dicho estudio también permitió conocer las especies alérgicas presentes en el ANP y así beneficiar a futuros estudiantes o personas interesadas en esta área, además de forma general, se busca abrir líneas de investigación para contribuir e impulsar futuros proyectos aeromicológicos que aporten información Ecológica, Taxonómica y Biogeográfica de las comunidades fúngicas de El Salvador.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Conocer la diversidad de la población fúngica aérea presente en el Área Natural Protegida Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador.

### **Objetivos específicos**

- Clasificar taxonómicamente la población fúngica aérea presente en los sitios de muestreo del Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario.
- Determinar la densidad relativa y frecuencia de ocurrencia de los hongos microscópicos presentes en el lugar.
- Comparar las poblaciones fúngicas encontradas en los diferentes puntos de muestreo, a realizarse entre los meses de junio-septiembre del 2022.
- Determinar el sitio con más diversidad en el lugar.
- Investigar las especies alergénicas presentes en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario.

## MARCO TEÓRICO

### Antecedentes

#### Antecedentes históricos

La existencia de una multitud de corpúsculos en el aire fue observada desde la antigüedad. Lucretius (55 a.C.) observó las partículas de polvo brillando en un rayo de sol en una habitación oscura y concluyó que su movimiento se debía al bombardeo de innumerables e invisibles átomos en el aire, aunque fue necesario esperar al descubrimiento del microscopio para ver que en el aire había microorganismos vivos. Las esporas de los hongos fueron vistas por un botánico napolitano, Valerius Cordus, en el siglo XVI, pero fue Micheli (1679-1737) quien primero las dibujó observando las esporas de los mohos que se transmitían por el aire (Miquel y Cambert, 1901., citado por De la Rosa et al., 2002).

Un siglo después, Ehrenberg, en sus numerosas memorias publicadas a partir de 1822 demostró que tanto las partículas atmosféricas del interior de las casas y hospitales como las del aire exterior de elevadas montañas estaban compuestas de esporas criptogámicas (Abad Agámez, 2016).

Uno de los motivos que propiciaron el estudio de los microorganismos del aire fue descubrir la causa de algunas enfermedades. Así sucedió durante la epidemia de cólera que apareció en Europa en 1847 y 1848. Ehrenberg en Berlín, Swagne, Brittan y Budd en Inglaterra, Robin y Pouchet en Francia, realizaron diversas investigaciones para descubrir en el aire de los hospitales los «gérmenes» causantes de esta enfermedad (Miquel y Cambert, 1901).

En Francia, Gaultier de Claubry en 1855, inaugura la investigación científica estudiando las partículas atmosféricas mediante un procedimiento que las retiene haciendo borbotear el aire en agua destilada. Pero fue Pasteur el que perfeccionó los procedimientos empleados por este investigador y realizó los primeros estudios precisos de las bacterias del aire, cuando demostró la no existencia de la generación espontánea (Abad Agámez, 2016).

A partir de 1882 se generalizan los análisis microbiológicos del aire, estudiando el número y tipo presentes en diversos ambientes. Miquel fue el que realizó los estudios más numerosos y variados. Analizó tanto el aire confinado de casas y hospitales como la atmósfera de diversas calles de París, de los parques, el cementerio de Mont Parnasse, e incluso las alcantarillas. No sólo determinó el número por m<sup>3</sup> presente en cada uno de estos ambientes, sino su naturaleza y propiedades patógenas, así como la influencia de los diversos factores (temperatura, lluvia, corrientes de aire, altitud, número de personas, etc.) y la posibilidad de transmisión por el aire de enfermedades contagiosas (Miquel y Cambert, 1901., citado por De la Rosa et al., 2002).

La década de los años cincuenta se caracterizó por la aparición de una Ciencia multidisciplinar, la Aerobiología, en la que se estudian los microorganismos del aire desde todos sus aspectos: identidad, comportamiento, movimientos y supervivencia, así como sus implicaciones con otros microorganismos, el hombre, los animales y la vegetación. Uno de sus principales cultivadores fue Philip Gregory, botánico inglés que durante más de veinte años realizó numerosas investigaciones sobre la propagación de esporas de los hongos, así como cursos monográficos especializados (Gregory, 1961).

También fue importante el grupo de la Universidad Mc Gill de Montreal, que realizó numerosos estudios de la atmósfera de las regiones árticas (Polunin y Kelly, 1952) y del Océano Atlántico (Pady y Kelly, 1954), utilizando aeroplanos, en los que describen los numerosos géneros de bacterias y hongos identificados (De la Rosa et al., 2002).

A lo largo del siglo XX el interés por la Microbiología del aire ha sido variable, alternándose épocas de entusiasmo con otras de escepticismo. Actualmente, nos encontramos en un período de renovación de este interés en todos los ambientes lo que ha supuesto un resurgimiento de la Aerobiología y un desarrollo de la actividad investigadora en este campo (Herrera Aguilar, 2009).

### **Estudios previos**

Herrera Cornejo (2005) en su trabajo de grado realizado en el Parque Nacional Walter Thilo Deininger, La Libertad titulado “Población fúngica aérea, en zonas boscosas del parque nacional Walter Thilo Deininger, La Libertad, El Salvador, reportó que la mayoría de especies encontradas de microhongos

pertenecen a la subdivisión Deuteromycotina y en menor porcentaje a la subdivisión Zygomycotina y Ascomycotina.

Moreno Batres y Paxtor (2014) en su trabajo de grado titulado “Determinación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos museos de la ciudad de Guatemala” reportó que los géneros que presentaron mayor frecuencia fueron en orden decreciente: *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. y *Aspergillus* sp., mientras que en una menor proporción se aisló *Fusarium* sp. y *Rhizopus* sp., y algunas levaduras como *Rhodotorula* sp y *Criptomococcus* sp.

Dos estudios realizados en el departamento de Guatemala en los cuales se determinó la carga fúngica en ambientes interiores y exteriores. El primero se realizó durante el 2008, en el cual se muestrearon ocho locales, de los cuales siete se encontraban dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, (Laboratorio Microbiológico de Referencia –LAMIR-, Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-, Decanatura, Laboratorio de Alimentos, Rectoría, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas –IIQB- y Biblioteca Central) y uno se ubicó en el centro de información y Atención Toxicológica - CIAT- en la antigua Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC, zona 1. Los resultados demuestran que el LIPRONAT, el laboratorio de alimentos y el IIQB, presentan valores que ponen en riesgo la salud ocupacional. Por otra parte, los géneros identificados fueron: *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. y *Monilia* sp. Además, se identificaron las siguientes levaduras: *Trichosporum* sp. y *Rhodotorula* sp (Herrera et al, 2011., citado por Moreno Batres y Paxtor, 2014).

Alija Martínez (2019) en su trabajo de grado titulado “Evaluación del bioaerosol fúngico presente en el aire interior de las clínicas de podología de la Comunidad de Madrid”, realizó una comparación con el ambiente exterior de la clínica en dos estaciones del año, tomando un total de 34 muestras de aire en ambas estaciones, con una concentración total de 854 UFC/m<sup>3</sup> y un reparto de 571 UFC/m<sup>3</sup> en primavera y 283 UFC/m<sup>3</sup> en verano (p=0,013). Las especies identificadas fueron: *Cladosporium* spp.; *Penicillium* spp.; *Aspergillus* spp.; *Alternaria* spp.; *Paecilomyces* spp.; *Scopulariopsis* spp.; *Curvularia* spp.; *Drechslera* spp.; *Trichoderma* spp.; *Absidia* spp.; *Ulocladium* spp.; orden Mucorales y Levaduras; Las especies más prevalentes tanto en interior como en exterior en ambas estaciones fueron *Cladosporium* spp, seguido de *Penicillium* spp.

Vásquez y Ray (2018), en su trabajo de grado titulado “Contaminación fúngica aeroambiental de bibliotecas y museos de la ciudad de Ayacucho 2017” reportó que los géneros de hongos aislados en bibliotecas y museos de la ciudad de Ayacucho fueron *Aspergillus*, que tiene mayor presencia con un 49% del total, *Penicillium* con 28%, *Cladosporium* con 9%, *Alternaria* con 5%, *Geotrichum* con 4%, *Rhizopus* con 3 %, y por último colonia no identificada (CNI) con 2%.

Blackley, en 1873 supuso que las esporas fúngicas del aire estaban relacionadas con enfermedades alérgicas, pero esto no fue tomado en cuenta hasta que se reanudó la investigación de esporas fúngicas; en trabajos realizados se ha demostrado que los agentes de enfermedades micóticas del hombre, pueden ser adquiridas por vía aérea y causar enfermedades humanas, como el asma, alergias y otras más (Gregory, 1960; Frey y Durie, 1962; Ripe, 1962., citado por Esquivel Vásquez, 1988).

La atmósfera contiene muchos tipos de partículas de origen biológico, como esporas de criptógamas y polen de diferentes flores, bacterias y hongos, las cuales pueden producir enfermedades alérgicas. Cerca de 8,000 especies de hongos son fitoparásitos, motivo por el cual 2/3 de las enfermedades de las plantas son causadas por hongos; provocando pérdidas totales de cosechas o reducción en el rendimiento (Herrera Cornejo, 2005).

Muchos científicos que han investigado la composición del aire han encontrado que las esporas de varias especies fúngicas presentan ciertos patrones de distribución general, sin que los métodos utilizados influyeran en los resultados. Utilizaron los dos métodos básicos para estudiar los hongos de la atmósfera; siendo el primero el de la exposición de placas al aire, obteniendo posteriormente resultados en base al número de colonias. El segundo método es por medio de un instrumento llamado trampa de esporas y el resultado se da en base al número de esporas. Los resultados demostraron que el método no influye porque en ambos procedimientos los géneros *Cladosporium* y *Alternaria*, presentaron una marcada fluctuación estacional (Frey y Durie 1962., citado por Herrera Cornejo, 2005).

## **Fundamentos teóricos**

### **Generalidades de los hongos**

Los hongos son organismos heterótrofos, los cuales dependen en su mayoría de condiciones adecuadas para su reproducción, crecimiento y dispersión (Wilson y Loomis, 1968). Pueden ser microscópicos o macroscópicos y sus unidades reproductoras especializadas, llamadas esporas, son dispersadas por el agua, aire o animales. La producción de esporas en grandes cantidades en los hongos es una de las razones de su éxito para dispersarse en todos los estratos. La velocidad de desarrollo y la gran cantidad de descendencias que producen ayudan a comprender que el aire posee una gran cantidad de esporas, aunque estas sean invisibles, se pueden encontrar cerca de 100,000 especies y cada año se descubren más especies (Christensen, 1964).

La mayoría son de hongos microscópicos, cosmopolitas, por lo que posiblemente en El Salvador estén representadas las tres cuartas partes de este número. Esto se debe a la fácil dispersión de sus esporas y a las condiciones tropicales que favorecen su desarrollo (Herrera Cornejo, 2005).

### **Morfología de los hongos**

La mayoría de los hongos son pequeños, generalmente microscópicos, con apariencia filamentosa, ramificados, se reproducen por medio de esporas, las que se forman por mecanismos sexuales o asexuales y carecen de clorofila. Sus paredes celulares contienen quitinas y glucanos como componentes esqueléticos, los cuales están embebidos en una matriz de polisacáridos y glicoproteínas (Agrios, 1992., citado por Garcés de Granada et al., 2003). Pero también, existen hongos grandes, como los champiñones, los cuales tienen mucho en común con los mohos negros que se forman en el pan viejo y los tizones que pudren las cortinas y las telas húmedas. Todas estas formas de vida pertenecen al Reino Fungí, un grupo diverso que consta de más de 250.000 especies conocidas. Aunque estos organismos presentan grandes variaciones en tamaño y forma todos los hongos son eucariontes (Solomon, et al., 1987., citado por Garcés de Granada et al., 2003).

## **Microhongos.**

### **Mohos**

Muchos hongos de distintos grupos taxonómicos (incluidos Ascomycetes) no llegan a formar cuerpos fructíferos notables. Por ejemplo, los mohos, se aprecian como pelusas que crecen en la comida o como lesiones en plantas; sus esporas asexuales están suspendidas en el aire que respiramos (Kuhar et al., 2013).

Los mohos no forman grupos taxonómicos y filogenéticos, pero entran en las divisiones Zigomycota y Ascomycota. Otros autores describen que la división Deuteromycota, está destinada a agrupar aquellos hongos de los cuales no se conocen fases sexuales, llamados también hongos imperfectos. Los hongos Ascomycotas, comprenden las especies de mohos micotoxigénicos más importantes: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Los mohos, crecen en forma de filamentos multicelulares conocidos como hifas, a su vez al conjunto de hifas se le denomina micelio (Morales Valle et al., 2012).

Existen muchas especies de mohos conocidas, entre ellos los mohos patógenos (oportunistas o no), saprófitos, especies acuáticas, etc. Algunos mohos atacan cultivos y plantas, otros causan podredumbre en alimentos o productos básicos utilizados para la elaboración de alimentos, casi todos juegan un papel importante en la biodegradación natural de materia orgánica y unos pocos son utilizados en la producción de alimentos (Morales Valle, 2011., citado por Escudero Albarca, 2020).

### **Levaduras**

Las levaduras son hongos que forman sobre los medios de cultivo colonias pastosas, constituidas en su mayor parte por células aisladas que suelen ser esféricas, ovoides, elipsoides o alargadas. Pocas presentan hifas. Las dimensiones pueden oscilar de 1 a 9  $\mu\text{m}$  de ancho y 2 a más de 20  $\mu\text{m}$  de longitud según la especie, nutrición, edad y otros factores (Ancasi, 2007). Forman pequeños brotes que dan lugar a células hijas al desprenderse. Estos hongos no poseen fructificación visible, son los representantes unicelulares del reino fungí, casi nunca forman filamentos, y sus células se multiplican principalmente por gemación. Su representante más conocido es la especie *Saccharomyces cerevisiae*, porque posee la capacidad de transformar el azúcar en alcohol y dióxido de carbono (Kuhar et al., 2013).

## **Macrohongos**

Estructuralmente, los hongos en su gran mayoría (excepto las levaduras), están formados por células que se organizan en filamentos, llamados hifas. La unión de los filamentos forma una masa algodonosa que recibe el nombre de micelio. Este es precisamente el cuerpo o talo del hongo, el cual se desarrolla sobre el sustrato en que vive y al que degrada para su alimentación. El micelio desarrolla el cuerpo fructífero del hongo, generalmente macroscópico, en él se desarrollan las esporas, que haciendo el papel de semillas, diseminan y perpetúan la especie. A las fructificaciones de los hongos se les denomina de diferente manera, según los criterios de los especialistas. Se les llama en general cuerpos fructíferos, cuerpos reproductores y carpóforos; ascocarpos o ascomas si los hongos pertenecen al grupo de los Ascomycetos, o Basidiocarpos o basidiomas si son Basidiomicetos (Chacón et al.,1995).

## **Nutrición**

Los hongos son heterótrofos, ya que la mayor parte de su alimentación tienen que recibirla en forma de materia orgánica ya fabricada por otros seres, como también les pasa a los animales.

De acuerdo a Vásquez Díaz (2017) para conseguir la materia orgánica que precisan, las distintas especies de hongos han adoptado distintas soluciones. Así, podemos clasificar a los hongos por su nutrición en 3 grandes grupos:

### **Saprófitos o saprobios**

Obtienen sus nutrientes mediante la descomposición de organismos muertos y son los principales responsables del reciclaje de los componentes vegetales; mientras que la descomposición de animales y microorganismos es realizada principalmente por las bacterias. Esta función es esencial para la continuidad de la vida en la tierra. En el ciclo del carbono que involucra la fijación del bióxido de carbono atmosférico en moléculas orgánicas mediante la fotosíntesis, el papel de los hongos consiste en degradar esta materia orgánica y reintegrar el CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## **Parásitos**

Hongos que viven a expensas de otros seres vivos, animales, vegetales u otros hongos. Ejemplo: *Armillaria mellea*, parásito de diversas especies de árboles. Dependiendo de las situaciones algunos hongos saprófitos pueden actuar como parásitos o viceversa.

## **Simbiontes**

Son aquellos hongos capaces de establecer relaciones mutualistas con otros organismos, esta asociación se conoce como simbiosis y ambos simbiontes se benefician de ella; el hongo nutricionalmente y el otro simbiote de formas variadas.

## **Reproducción**

Los hongos se reproducen asexualmente y sexualmente por medio de esporas.

La forma de reproducción asexual puede ser por: Formación de esporas, gemación, fisión binaria y fragmentación del soma (Álvarez Bernard, 2022).

## **Esporulación**

Es el método de reproducción asexual más común en los hongos consiste en la formación de esporas, estas varían en color, desde hialinas, transparentes, hasta colores como, verdes, amarillas, anaranjadas, rojas, pardas o negras; de diversos tamaños; de diversas formas desde globosas hasta ovaladas, oblongas, aciculadas y helicoidales; el número de células, estas son liberadas al aire o al agua y al germinar originan un nuevo individuo (Alexopoulos y Mims, 1985).

## **Gemación**

La mayoría de las levaduras se reproducen de manera asexual por gemación, dando origen a lo que se conoce como blastoconidio. En este proceso de reproducción aparece un brote o yema en la pared de la célula madre, posteriormente crece hasta alcanzar casi el mismo tamaño de ésta. Dicho crecimiento se

da en tres fases, en la primera fase, se da el hinchamiento que consiste en una extensión polar de la pared y que es similar al que se presenta en el ápice de los hongos (Cepero de García et al., 2012).

En la segunda fase, hay una expansión de la pared en forma isodiamétrica y sincrónica que permite la formación de una esfera y, en la tercera fase, ocurre la formación del septo que permite que se libere una célula hija. En las levaduras del filo Ascomycota, la mitosis ocurre entre la célula madre y la célula hija, antes de que se forme el septo primario, lo cual permite la separación de las dos células; en las levaduras del filo Basidiomycota la mitosis ocurre en la célula madre y el nuevo núcleo migra hacia la célula hija que se está formando, antes de que se forme el septo (Cepero de García et al., 2012).

### **Fisión Binaria**

Este tipo de reproducción asexual se presenta en algunas levaduras y difiere de la que ocurre en las bacterias. ocurre por la elongación de la célula en uno o ambos extremos, el cual adquiere una forma cilíndrica, posteriormente el núcleo se duplica por mitosis y al final de este proceso se forma un septo que se ubica en la mitad de la célula o cerca de ella, permitiendo que la separación de las dos células por esquizolisis del septo. Este proceso ocurre en las levaduras del género *Schizosaccharomyces* (Cepero de García et al., 2012).

### **Fragmentación del soma**

Una parte del individuo se desprende, de forma natural o por accidente, y ese fragmento se convierte en un nuevo individuo (Alexopoulos y Mims, 1985).

La reproducción sexual por su parte, se da por medio de esporas conocidas como: zigosporas, basidiosporas y ascosporas en Zygomycetes, Basidiomycetes y Ascomycetes respectivamente.

Los Zygomycetes se caracterizan porque su reproducción sexual termina en la formación de Zigosporas. En este tipo de reproducción dos gametangios se fusionan e inmediatamente se desarrolla el cigoto, el cual forma una delgada pared y se convierte en zigospora (Garcés de Granada et al., 2003).

En los Basidiomycetes las basidiosporas se producen sobre los esterigmas del basidio, en el cual se realiza la cariogamia y la meiosis. Los basidios son muy variables en cuanto a su morfología, número de esporas producidas y forma de unión de las esporas al esterigma. Un basidio típico u holobasidio, en el cual el metabasidio no tiene septos, generalmente tiene cuatro esterigmas y sobre cada uno de ellos se produce una espora, pero el número de esterigmas o esporas producidas puede variar en las diferentes clases, familias, géneros y especies (Cepero de García et al., 2012).

En los Ascomycetes, las ascosporas se forman como resultado de la meiosis, en el interior de una célula con forma de saco que se conoce como asca. Las ascas contienen un número definido de ascosporas, generalmente ocho. Taxonómicamente la forma de los ascos es muy importante; pueden ser cilíndricos, claviformes, globosos, ovoides a rectangulares, entre otros; también pueden ser sésiles o pedicelados. Las ascosporas también pueden tener tamaños variables, ser unicelulares o septadas, hialinas o pigmentadas y su pared puede ser lisa u ornamentada (Alexopoulos et al., 1996; Ulloa y Hanlin, 2006., citado por Cepero de García et al., 2012).

En los Deuteromycetes se da la formación de conidios. El conidio es un propágulo de origen mitótico (mitospora) no mótil. Los conidios, se desarrollan directamente de las hifas o de células especializadas conocidas como conidióforos (Cepero de García et al., 2012). En este grupo se desconoce si poseen reproducción sexual y si la poseen pertenecen a los Ascomycetes o Basidiomycetes, por lo que solo se conoce su reproducción asexual (Esquivel Vásquez, 2019).

## **Diseminación**

Las zoosporas son las únicas estructuras de los hongos que pueden moverse por sí mismas a cortas distancias (pocos milímetros o centímetros). Únicamente, los Mixomicetes, Oomicetes y los Chytridiomicetes producen zoosporas. La vida de la gran mayoría de los hongos patógenos en plantas depende de su expansión por una misma planta, la proximidad de planta a planta o de la oportunidad que tengan de ser transportados por otros agentes, tales como el viento, el agua, las aves, los insectos, otros animales y los humanos. Los hongos se diseminan o esparcen, principalmente en forma de esporas; también por fragmentos de hifas y por masas endurecidas de micelio llamadas esclerocios. La distancia a la cual las esporas pueden ser esparcidas varía de acuerdo con el agente diseminador. Probablemente

el viento es el agente transportador más importante de esporas de muchos hongos, las cuales pueden ser llevadas a grandes distancias con respecto a su lugar de origen (Garcés de Granada et al., 2003).

## **El Aire.**

### **Composición del aire.**

El aire como lo conocemos está compuesto por diferentes elementos, los cuales son 78% nitrógeno, 21% oxígeno y un 1% de argón. También contiene vapor de agua en pequeñas cantidades cuando el aire es frío, y mayor cuando es aire caliente, es decir que el vapor de agua constituye un 0.1% y el 4% de la troposfera. Al mismo tiempo posee cantidades pequeñas de otros gases, estos se conocen como gases traza (Dióxido de carbono, metano y otros gases como Helio, Xenón, Ozono, etc.). Las concentraciones de gases cuando están en la atmósfera se miden en partes por millón (ppm) (AEMA, 2013).

### **Bioaerosoles.**

La atmósfera presenta clima inhospitable para los microorganismos, principalmente debido al estrés por desecación, sin embargo, el transporte de bioaerosoles en la atmósfera se rige principalmente por factores hidrodinámicos y cinéticos, mientras que su viabilidad depende de la composición biológica específica, composición química, y los parámetros meteorológicos a los que están expuestos en la atmósfera existe la presencia de gases como el nitrógeno y oxígeno, que le permite a un gran variedad de organismos utilizarla como su medio de transporte, razón por la cual los bioaerosoles están siempre presentes en la atmósfera, aunque su número y viabilidad varíen con las condiciones propias de la localidad (Sarmiento Rondón y Ramos Vargas, 2019).

Los bioaerosoles pueden estar constituidos por virus, bacterias, esporas, polen y en general cualquier resto de microorganismos con un diámetro aerodinámico comprendido entre 0.5 y 100  $\mu\text{m}$  (Cox y Wathes, 1995).

Dentro del amplio intervalo de tamaños, los bioaerosoles de mayor importancia, desde un punto de vista sanitario, son los que tienen un tamaño menor a 5  $\mu\text{m}$ , ya que por su tamaño tan pequeño pueden ser

inhalados y alcanzar fácilmente los alvéolos pulmonares, causando infecciones o reacciones alérgicas (Stetzenbach, 2002., citado por Sarmiento Rondón y Ramos Vargas, 2019).

Los impactos que generan los bioaerosoles en los ambientes naturales, son muy variados y dependen en gran medida si estos proceden de procesos naturales o antropogénicos, y del ambiente receptor de estas emisiones; es así como para el caso de los ambientes naturales, el impacto puede partir desde un cambio de la microflora (hongos del suelo y patógenos de las plantas) hasta el cambio en la cobertura de plantas que emplean el polen para su reproducción (Caicedo, 2011., citado por Sarmiento Rondón y Ramos Vargas, 2019).

### **Contaminación del aire**

Según Placeres et al. (2006) “La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial y está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre”.

Yassi et al. (2002), describe la contaminación del aire “como la emisión de sustancias peligrosas que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarse, depositarlos o diluirlos por medio del viento y del aire”.

Entre los principales contaminantes capaces de afectar la salud de los individuos son los que provienen de emisiones primaria o transformaciones atmosféricas: se puede encontrar el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ozono, hidrocarburos no quemados, oxidantes fotoquímicos, plomo, partículas suspendidas, pero en menor proporción, partículas suspendidas totales como las de bióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles (Placeres et al., 2006).

Gutiérrez et al. (1997) menciona que según el origen pueden clasificarse por causas naturales o antropogénicas; las naturales siempre han existido, de ejemplo podemos encontrar las erupciones volcánicas, quienes liberan grandes cantidades de gases cuando estas ocurren, por otra parte, las antropogénicas que como su nombre lo indica son causadas por actividades humanas.

**Entre las principales fuentes de contaminación atmosférica podemos encontrar:**

**1. Fuentes naturales:** Polvo que contiene materias biológicas, esporas, polen y bacterias.

**2. Fuentes agrícolas:** Insecticidas y herbicidas empleados en la agricultura.

**3. Fuentes tecnológicas:**

- Procesos industriales de todo tipo.
- Consumo industrial y doméstico de combustibles fósiles.
- Vehículos de motor.

Existen otros factores, factores topográficos y meteorológicos que influyen en la contaminación atmosférica, entre los que se pueden mencionar: **Topografía del terreno, edificaciones existentes, vientos, lluvia, presión barométrica y espacio de difusión** (Gutiérrez et al., 1997).

### **Calidad del aire**

La calidad del aire nos indica la presencia de contaminantes en el aire y su importancia se justifica dada la influencia que ésta tiene en la salud humana y en el medio ambiente en general. La medición de carga biológica en el aire ha cobrado importancia, debido a que el aire es considerado un vehículo portador tanto de sustancias orgánicas como inorgánicas. El aire es un componente vital para el ser humano y la calidad del mismo tiene particular incidencia sobre la salud del hombre. El término aerobiología, fue acuñado por Meier en el año 1930, y plenamente adoptado para referirse a la disciplina que se ocupa del estudio de los organismos vivos aerotransportados, su diversidad, modos de vida, dependencia y, al mismo tiempo, repercusión en el entorno (Solís Cajas, 2011).

Dean Herman (2022) menciona los estándares de concentración de hongos en el aire recomendados por la Organización Mundial de la Salud (Anexo 1).

La atmósfera de la tierra contiene muchas partículas de materia sólida, gran parte de ellas corresponden a estructuras de organismos, tales como células y esporas de bacteria, mixomicetos, hongos, helechos y musgos, así como granos de polen, quistes de protozoarios y partículas virales (Herrera Cornejo, 2005).

Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la atmósfera. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar. Además, son dispersados por el aire, produciendo enfermedades en plantas, animales y humanos, causando deterioro de alimentos, materiales orgánicos y también contribuyen a la corrosión de monumentos y metales. Desde entonces numerosos investigadores han trabajado en este campo tanto en el aire exterior como en recintos cerrados (De la Rosa et al., 2002).

La concentración de esporas de hongos en la atmósfera está enormemente influenciada por factores biológicos, antrópicos y medioambientales que interaccionan entre ellos; de este modo cada núcleo urbano presenta su propia aeromicoflora (González Parrado et al., 2009).

### **Factores que intervienen en el crecimiento y dispersión de los microhongos:**

#### **Temperatura**

La mayoría de los hongos son mesófilos y crecen a temperatura moderada en un intervalo de 10 a 40° C, la temperatura óptima se dice que es entre los 25 y 35° C, sin embargo, los que parasitan los tejidos internos de mamíferos crecen en el intervalo de 20 a 50° C, con una temperatura óptima de 40° C. Algunos hongos se encuentran a bajas temperaturas menores de 20° C, como es el caso de los hongos psicrófilos (Deacon, 1993, citado por Parada Flores, 1996).

La luz no es vital para su existencia, sin embargo, es vital para el proceso de esporulación debido a la alternancia luz-oscuridad

## **Lluvias**

La importancia de la distribución e intensidad de las lluvias, donde existe una regresión lineal entre la intensidad pluviométrica y la dispersión de la uredospóras. Generalmente, lluvias con intensidades arriba de 7 mm provocan condiciones de dispersión de esporas. (Durán López, 2013). Según algunos estudios, las primeras gotas de una tormenta pueden estar cargadas con esporas de hongos, pero a medida que la lluvia se prolonga, la cantidad de esporas disminuye. Debido a lo anterior los seres vivos, están expuestos a inhalar esporas de hongos tanto en verano como en invierno, porque estas siempre están presentes en el aire (Herrera Cornejo, 2005).

## **Corrientes de viento**

Los microorganismos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la atmósfera. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar. (De la Rosa et al, 2002).

Otra condición que favorece la dispersión de esporas son las estaciones del año, pues se cree que en temporada seca hay más dispersión de esporas que en la temporada húmeda, esto se relaciona de igual manera por las corrientes de viento que se producen (Herrera Cornejo, 2005). También es importante mencionar la periodicidad en la liberación de sus esporas; algunos hongos solamente realizan la liberación de las esporas durante la noche y otras en la mañana o por la tarde (Hawker y Linton, 1971 citado por Coutiño Bello, 1979).

Estos autores plantean la posibilidad que esta periodicidad en parte sea debida a los patrones diurnos y nocturnos de la turbulencia del aire, pero se piensa que la causa principal es la periodicidad en la liberación de las esporas, la cual puede estar influenciada por las condiciones ambientales, entre ellas la humedad.

## **Géneros fúngicos más frecuentes.**

### **Ambientes exteriores**

La concentración fúngica en estos ambientes varía en dependencia de las condiciones climatológicas presentes durante el día, así como la estación del año en la que se encuentre y la presencia de focos de desarrollo fúngico.

Los ambientes exteriores cuentan con microclimas, que influyen en el ecosistema presente en estos ambientes, esto hace que, junto con la actividad humana, el desarrollo de ciertos géneros fúngicos y la consecuente formación de esporas y dispersión de las mismas varíe de un lugar a otro. Se observan por tanto diferencias en cuanto a concentración y género fúngico contrastante en áreas urbanas con respecto a zonas rurales. Diversos estudios demostraron que el género predominante en ambientes exteriores es *Penicillium*, también se ha encontrado, en menor proporción a *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Alternaria*. Otros estudios han demostrado que *Cladosporium* es el género fúngico más abundante en el aire. En regiones cálidas o tropicales predomina *Alternaria*, la concentración de esporas suspendidas en aire de este género es de 50 esporas/m<sup>3</sup> (Solís Cajas, 2011).

### **Ambientes interiores**

En lo que se refiere al ambiente interior, la cantidad y el tipo de esporas encontradas dependerá de la entrada de aire exterior, así como la presencia de condiciones favorables para la colonización y liberación de esporas a nivel interno. Se ha encontrado que el tipo de esporas encontradas en el interior será similar a las que predominen en el exterior, con la condicionante de que serán en menor concentración. Sin embargo, el tipo y concentración de esporas dependerá de diversos factores. Los géneros fúngicos predominantes en el ambiente interior serán pertenecientes a los Deuteromicetos, hongos imperfectos, entre los que se encuentran, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium* (Solís Cajas, 2011).

### **Importancia de los hongos**

Los hongos son extremadamente importantes para el ecosistema porque son uno de los principales descomponedores de materia orgánica (Alexopoulos, 1979). Pero tienen otras funciones además de ser descomponedores, las cuales se mencionan a continuación:

### **Importancia ecológica**

Ecológicamente, los hongos son componentes importantes de la vida de los bosques, ya que intervienen como agentes desintegradores de la materia orgánica y en el reciclaje de los nutrientes que otros organismos requieren para su desarrollo (Cappello García, et al., 2006). Las mismas enzimas que permiten que los hongos descomponer los desechos orgánicos y cadáveres hacen posible que dichos organismos reduzcan madera, fibras y alimentos a sus componentes básicos con gran eficiencia (Garcés de Granada et al., 2003).

### **Importancia medicinal**

Algunos hongos son probióticos, lo que significa que ayudan al organismo a combatir las enfermedades, restaurando el bienestar y el equilibrio natural, haciendo que nuestro sistema inmunológico funcione correctamente para eliminar a los agentes externos que podrían desequilibrar nuestra salud. Existen muchos hongos con grandes beneficios para la salud humana (Cappello García, et al., 2006).

En 1928, Alexander Fleming, advirtió que en una de sus cajas Petri que contenía estafilococos, había surgido una colonia de un hongo que inhibía el crecimiento de las bacterias, supuso que este hongo contenía una sustancia que era dañina para las bacterias. Una década después se logró aislar y purificar la penicilina secretada por el Deuteromiceto *Penicillium notatum*. El hongo *Penicillium griceofulvicum* se utiliza como antibiótico para inhibir el crecimiento de otros hongos. El ácido Lisérgico es uno de los componentes del ergot, intermediario en las síntesis de LSD, se utiliza actualmente en pequeñas cantidades para inducir clínicamente la labor de parto, detener hemorragias uterinas, tratar la hipertensión arterial y aliviar un tipo de migraña (Garcés de Granada et al., 2003).

### **Importancia industrial.**

Industrialmente se utilizan para la elaboración de alcohol, grasas, proteínas, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido glutámico, entre otros. Las levaduras, por ejemplo, son hongos microscópicos unicelulares importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante fermentación de diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares o los hidratos de carbono, produciendo distintas sustancias, como

el vino. Están también los mohos, como especies de *Penicillium* que son la base de la industria de quesos especiales como el camembert y el roquefort (Cappello García, et al., 2006).

En cuanto a los desarrollos tecnológicos más recientes, ha aumentado el interés en la producción de proteínas de origen molecular (POM) a partir de los hongos, ya sea para alimento del hombre o del ganado. Se han realizado varios experimentos sobre alimentación con levadura *Candida utilis* y la levadura desecada *Saccharomyces cerevisiae* ya se agrega al pan en un 1% para enriquecer este alimento en la dieta diaria (Garcés de Granada et al., 2003).

### **Clasificación de los hongos.**

Los hongos se clasifican principalmente debido a las diferencias estructurales, y modo de reproducción que presentan unos de otros, durante todo su ciclo biológico, se presentan a continuación:

#### **Chytridiomycota**

Los Chytridiomycota son el grupo de hongos más primitivos y son principalmente saprofitos (degradando quitina y queratina). Muchas especies son acuáticas (la mayoría de agua dulce). Existen aproximadamente 1.000 especies, agrupadas en 127 géneros, distribuidos en 5 órdenes.

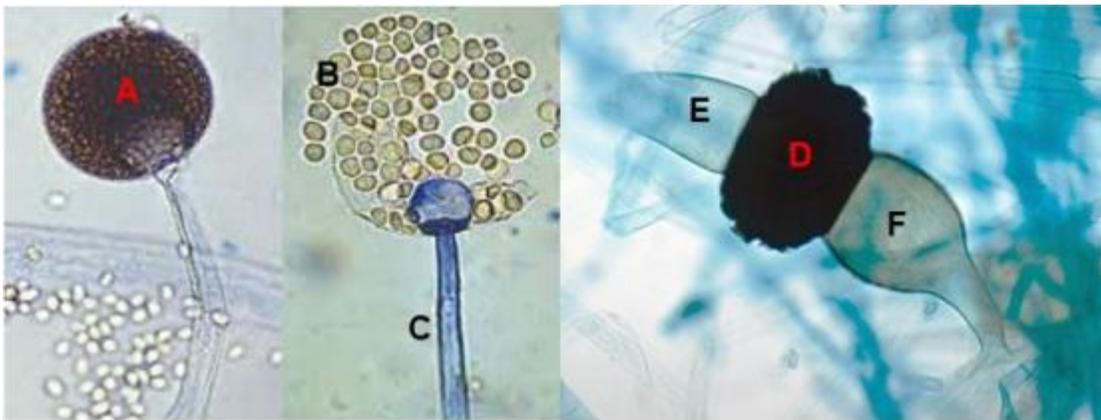
Tanto las zoosporas como los gametos son uniflagelados (de flagelos lisos opistocontros). Pueden formar varios tipos de aparato vegetativo: hifas cenocíticas (aseptadas); usualmente pueden formar una vesícula rizoidal que actúa de haustorio simple o policéntrico o bien pueden ser unicelulares formando un protoplasma. Sus esporas se caracterizan por contener una gota lipídica, un casquete nuclear compuesto básicamente por ribosomas y con doble membrana y por una estructura peculiar llamada rumposoma cuya función no está clara, pero se utiliza como característica taxonómica (Rojas Ramírez, 2013).

#### **Zygomycota**

El nombre Zygomycota hace referencia a la producción de una espora de resistencia de origen sexual llamada zigosporas. *zygos* = yugos + *sporos* = semilla, espora). La zigospora resulta de la fusión completa de dos gametangios. Se diferencia de la oospora ya que esta última deriva de la oosfera, la formación de

la zigospora es por lo tanto el carácter principal de esta división. Entre los caracteres secundarios se señalan principalmente la producción de esporangios o conidios característicos y la completa ausencia de células móviles. Tenemos entonces que los dos caracteres principales de los Zygomycetes son: 1) reproducción sexual por medio de copulación gametálgica, que da por resultado la formación de zigospora, y 2) reproducción asexual por medio de esporas no móviles en forma de esporangióforos con esporangiosporas o conidios con conidiosporas (Figura 1) (Alexopoulos, 1979).

Biológicamente los Zygomycetes tienen todos los estados desde saprobios a parásitos facultativos o débiles de las plantas a parásitos especializados de los animales y humanos, que son principalmente patógenos oportunistas que infectan personas que presentan un sistema inmunitario debilitado, hasta parásitos obligados de otros Zygomycetes (Alexopoulos, 1979).



**Figura 1.** Estructuras reproductoras: A: Esporangio, B: Esporangiosporas, C: Esporangióforo, D: Zigospora madura, E y F: Suspensores. Fotografía: Rojas Loria.

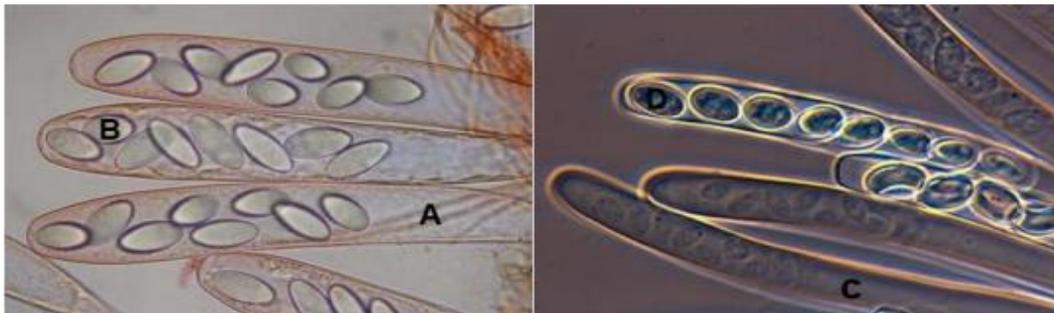
### **Glomeromycota**

Los Glomeromycetes actualmente comprende aproximadamente 150 especies descritas distribuidas en diez géneros, la mayoría de los cuales se definen principalmente por la morfología de las esporas. Los Glomeromycetes son un grupo de hongos particularmente desconocidos para el público en general, este grupo de hongos es esencial para el funcionamiento del ecosistema terrestre. Los hongos de este grupo se caracterizan por ser simbiontes mutualistas las cuales forman asociaciones micorrízicas vesículo-arbusculares (VAM), intracelularmente dentro de las raíces de la gran mayoría de plantas herbáceas y árboles tropicales. El tipo de simbiosis que realizan estos hongos se denomina mutualista por el hecho de que tanto el hongo como la planta huésped se benefician de esta asociación. El simbionte fúngico

recibe carbohidratos de la planta y la planta mejora en la absorción de minerales por parte de la raíz, gracias a que el hongo funciona como un sistema extendido radicular (Redecker, 2008).

## Ascomycota

A nivel mundial, los Ascomicetos conforman el grupo de hongos más grande, diverso y ecológicamente importante; representan 60% de las especies y 72% de los géneros descritos (Medel et al., 1999; González y Hanlin, 2008; Kirk et al., 2008., citado por Ávalos Lázaro et al., 2018). Se conocen más de 64,000 especies (Chacón Zapata y Gregorio Cipriano, 2021). La característica principal, además de su forma, es la presencia de estructuras reproductoras microscópicas llamadas ascas, que dan origen a las esporas (Figura 2). Las ascosporas son unas esporas sexuales generadas por un proceso de meiosis. En este sentido, cuando un hongo de este tipo entra en la fase sexual, forma una estructura sexual masculina y una femenina, que se fusionan para formar el asco, donde, por distintas divisiones celulares, de esta fusión se obtendrán ocho (en algunas especies capaces de encadenar divisiones se forman más) ascosporas o esporas sexuales (Bertran Prieto, s.f.).



**Figura 2.** Estructuras reproductoras: A y C: Ascas, B y D: Ascosporas o esporas sexuales. Fotografía: Adesper y EcuRed.

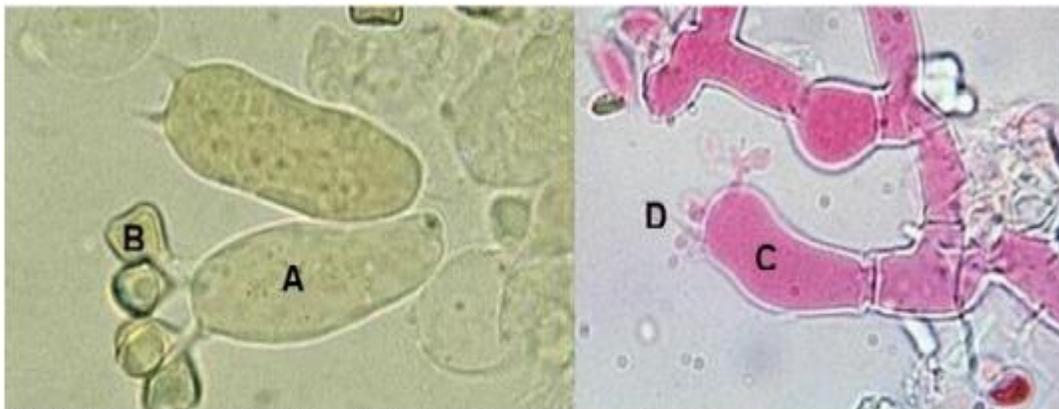
Los Ascomicetos son cosmopolitas, y además de las propiedades que comparten con otros grupos de hongos, se les puede encontrar asociados a las algas con las que forman los Líquenes, o como contaminantes de alimentos, en cuyo caso se les conoce como “mohos” negros y verdes. Muchos de los ascomicetos crecen sobre las ramas y troncos. A los hongos con estas propiedades se les conoce como hongos lignícolas o xilófagos, o simplemente como hongos degradadores (destructores) de la madera, en virtud de su capacidad para degradar los compuestos que la conforman. Es importante señalar que, dentro del grupo, existen especies que históricamente han tenido relevancia en la medicina, la agricultura, la

industria del vino, del pan, la cerveza, los quesos y otras valoradas por su excelente sabor culinario (Chacón y Utrera, s.f.).

### **Basidiomycota**

Los Basidiomicetos constituyen un grupo de hongos que reúne más de 30,000 especies (Kirk et al., 2001) consideradas superiores por su complejidad morfológica y la presencia de basidios, característica principal que define su identificación y clasificación taxonómica.

A nivel microscópico su característica principal es la presencia de estructuras reproductoras especializadas o basidios (Figura 3), las cuales dan origen a las esporas, pero en forma externa. Esporas exógenas denominadas basidiosporas, generalmente en número de cuatro, aunque también bispóricas, trispóricas o hasta de 6-8 esporas en el género *Cantharellus* (Rojas Ramírez, 2013).



**Figura 3.** Estructuras reproductoras: A y C: Basidios, B y D: basidiosporas o esporas.  
Fotografía: Marcelo Aroca.

Los Basidiomicetos son un grupo de importancia entre los hongos, pues tienen esencial participación en la naturaleza por la versatilidad de las especies que lo constituyen; unas forman ectomicorrizas, otras son causantes de enfermedades como las royas y los carbones, y se encuentran también las especies comestibles que se cultivan con fines nutritivos. Pertenecen también a este grupo especies con importancia en la medicina por presentar metabolitos con actividad biológica contra una amplia gama de patologías clínicas, incluso influyen positivamente en la profilaxis y el tratamiento del sida (Durán López, 2013).

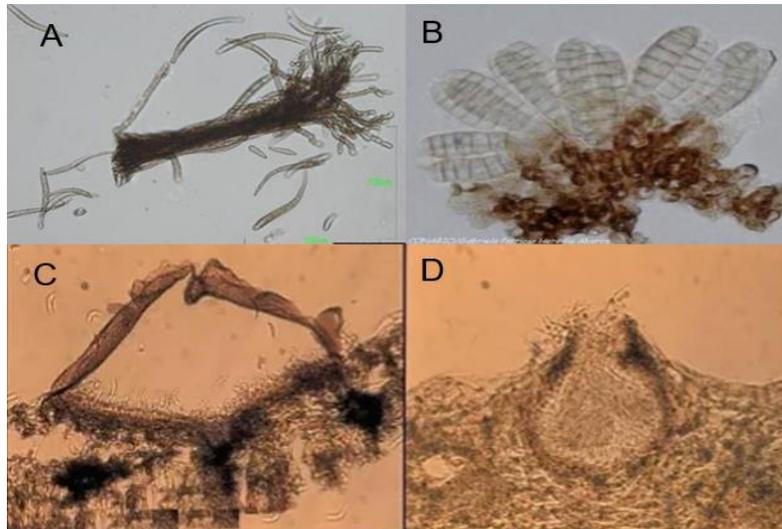
Dentro de este grupo se encuentran, además, los hongos de la podredumbre blanca, únicos microorganismos que son capaces de degradar eficientemente compuestos aromáticos y heterogéneos porque presentan un complejo enzimático inespecífico con actividad oxidativa contra una amplia variedad de sustancias tóxicas y recalcitrantes que les permite aplicaciones como biorremediadores de suelos y aguas contaminadas en las industrias textil y papelera, y tienen también marcada importancia en la agricultura, pues además pueden presentar actividad antifúngica, fitotóxica y nematocida, capacidades útiles para el manejo de plagas. Por tales motivos, en las últimas décadas han aumentado las investigaciones con el objetivo de potenciar o incrementar la actividad enzimática de estos hongos deslignificadores (Rojas Ramírez, 2013).

### **Deuteromycota**

Los hongos imperfectos antiguamente llamados Deuteromicetos o Deuteromicetes, comprenden más de 15,000 especies diferentes que se clasifican juntas porque no se conoce en ellas la fase sexual de reproducción. Parásitos de plantas y animales, consumidores de nematodos, simbioses con líquenes, endófitos de gimnospermas y angiospermas, formadores de micorrizas, micoparásitos y liquenícolas (Mubor, 2012). Los Deuteromicetos también son conocidos como hongos asexuales pues en su ciclo de vida solo está presente la fase asexual.

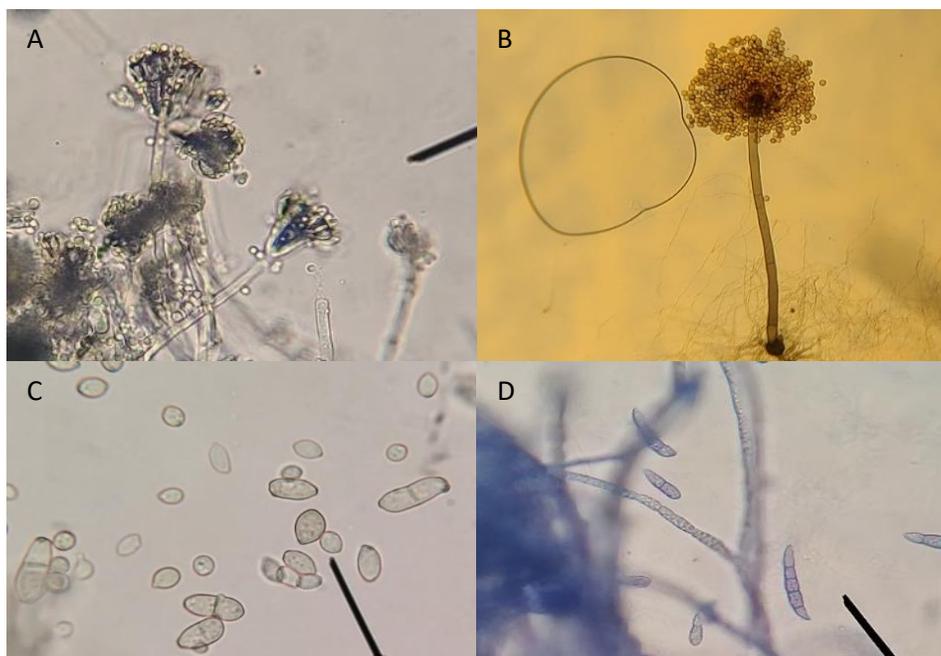
La reproducción se realiza por división celular, o por germinación de fragmentos de micelio o de varios tipos de esporas. Las esporas son llamadas clamidosporas o conidias, las cuales están formadas por células somáticas intercalares o por grupos de células redondeadas de pared gruesa, las conidias no se dispersan, pero se liberan cuando se desintegra la hifa parental, cuando el micelio está maduro las conidias son producidas en células especializadas que no son parte del micelio somático. La conidia al madurar es decidua y se separa de la célula parental. La célula fértil y especializada recibe el nombre de conidiógena. En algunas ocasiones las células conidiógenas pueden ser producidas o sostenidas por un conidióforo que es una hifa especializada (Garcés de Granada et al., 2003).

Los conidióforos pueden aparecer aislados o en grupos, originando las siguientes estructuras: **sinema** y **esporodoquio** como estructuras especializadas; **acérvulo** y **picnidio** como cuerpos fructíferos (Figura 4) (Menéndez, 2014).



**Figura 4.** Agrupaciones de conidióforos: A: Sinema, B: esporodoquio, C: acérvulo, D: picnidio. Fotografía: SlidePlayer

Son de gran importancia por ser el phylum de mayor patogenicidad humana dentro del Reino Fungí y, además, tienen un gran peso en el campo de la Biotecnología. (Mubor, 2012). Algunos hongos imperfectos poseen importancia comercial, su principal uso es en procesos de fermentación industrial de alimentos y bebidas. También, son empleados para la producción de medicamentos y control biológico de plagas (Lira Gómez, 2022). Diversos autores mencionan a *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Fusarium* como sus géneros representativos (Figura 5).



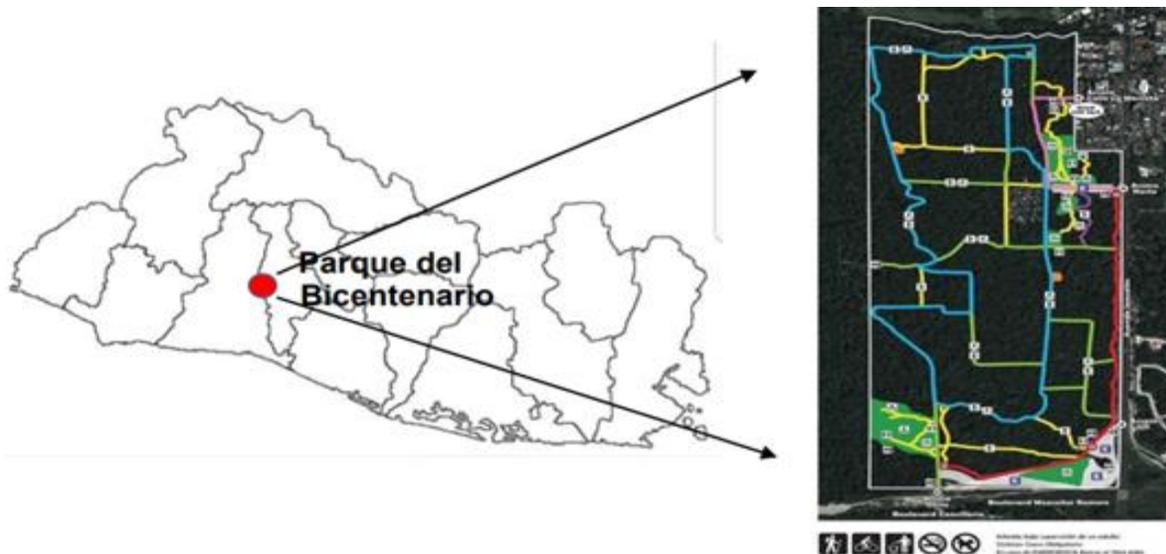
**Figura 5.** Géneros representativos: A: *Penicillium*, B: *Aspergillus*, C: *Cladosporium* y D: *Fusarium*. Fotografías: Elaboración propia.

Actualmente no existe un sistema satisfactorio de clasificación de los Deuteromycetes. Sin embargo, se están haciendo esfuerzos para establecer un sistema de clasificación que refleje las relaciones naturales en el grupo, para lo cual es necesario establecer criterios que indiquen tales relaciones (Garcés de Granada et al., 2003).

## 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 6) (Henríquez et al., 2010).



**Figura 6.** Croquis de ubicación geográfica del Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador.

El Espino–Bosque Los Pericos o Parque del Bicentenario, se encuentra dentro del ecosistema clasificado como Bosque Tropical Semideciduo Latifoliado Submontano (Henríquez et al., 2010) los cuales se encuentran ocupados en El Salvador casi en su totalidad por cafetales de media altura.

La vegetación incluye muchas especies de árboles que permanecen con hojas la mayor parte del tiempo. En realidad, nunca llega a presentar una defoliación completa del bosque, aunque la gran mayoría de las especies de árboles cambian su follaje al menos una vez al año (Henríquez et al., 2010).

Es en este bosque el único ecosistema del país, donde se han encontrado algunas especies cuya distribución se extiende hasta el centro u occidente de México, como *Calatola laevigata*, árbol que solamente se conoce en México y El Salvador. De igual manera sucede con el árbol conocido localmente como “mulo” (*Licania retifolia*), conocido sólo en México (en los estados de Guerrero y Chiapas) (Linares, 2011).

Este hábitat se considera de alto valor para la conservación ya que es refugio de especies de importancia para la conservación, ya sea a nivel nacional o mundial (Henríquez et al., 2010). Entre las especies de importancia para la conservación a nivel mundial registradas en este tipo de hábitat se encuentran los árboles *Lonchocarpus minimiflorus* (“chaperno”, “chaperno negro”), *Eugenia salamensis* (“guacoco”, “guacuco”), *Cedrela odorata* (“cedro”) y *Juglans olanchana* (“nogal”) los cuales están presentes en el Área (Linares, 2011).

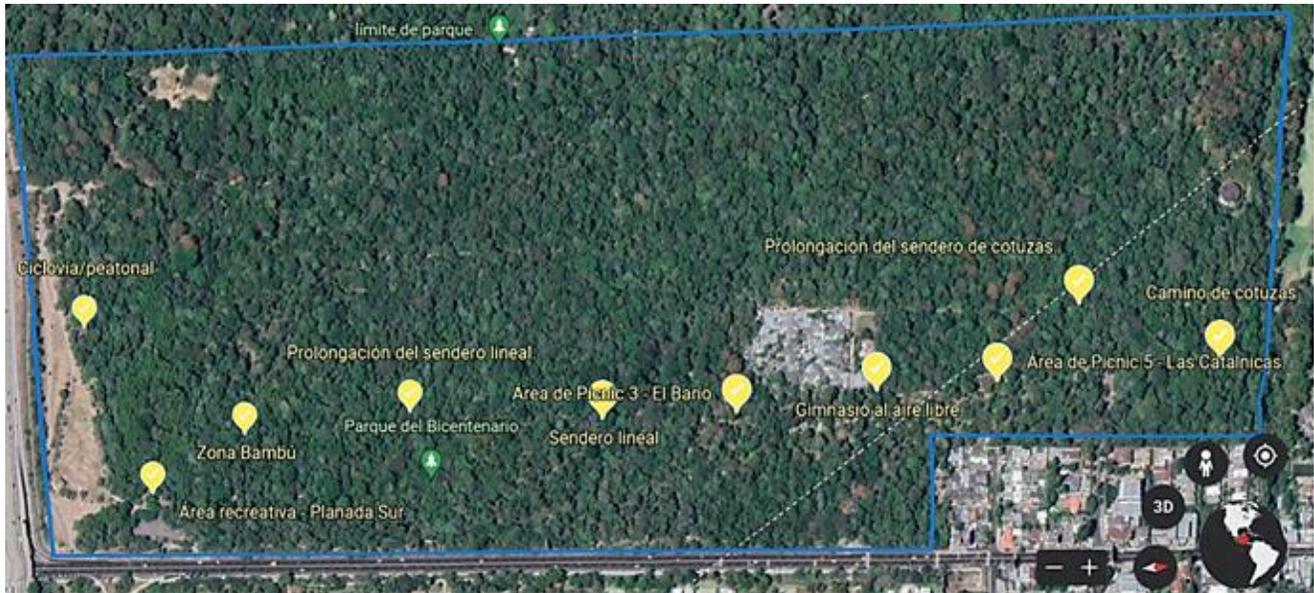
### **Metodología de campo.**

Para llevar a cabo este estudio, se seleccionaron 10 sitios en el ANP Parque del Bicentenario, donde se realizaron 10 muestreos durante un periodo de 3 meses, el cual comprendió de junio a septiembre de 2022. Los sitios se detallan a continuación (Cuadro 1):

**Cuadro 1. Sitios de estudio en el ANP Parque del Bicentenario (junio - septiembre de 2022).**

<b>SITIOS</b>	<b>LUGAR</b>
<b>1</b>	<b>Gimnasio al aire libre.</b>
<b>2</b>	<b>Área de Picnic 5 – Las Catalnicas.</b>
<b>3</b>	<b>Sendero de cotuzas.</b>
<b>4</b>	<b>Prolongación del sendero de cotuzas.</b>
<b>5</b>	<b>Área de Picnic 3 – El Barrio</b>
<b>6</b>	<b>Sendero lineal.</b>
<b>7</b>	<b>Prolongación del sendero lineal.</b>
<b>8</b>	<b>Zona de Bambú.</b>
<b>9</b>	<b>Área recreativa 8 – Explanada Sur.</b>
<b>10</b>	<b>Ciclovía / Senda peatonal.</b>

De cada sitio se tomaron los respectivos puntos geográficos, estos se muestran en la figura 7.



**Figura 7.** Puntos georreferenciados de los sitios de muestreo en el ANP Parque del Bicentenario. Elaboración propia. Google Earth y GPS Status Pro licencia.

### **Exposición de medios de cultivo**

Se utilizó el método de exposición de cajas Petri al aire, para permitir la captura de esporas y así determinar y cuantificar las colonias fúngicas, 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 aproximada de 1.50 m; las cajas estuvieron expuestas en un intervalo de 5 a 10 minutos.

En cada uno de los sitios, las muestras fueron colectadas entre las 9:00 a.m. y 12 m.

Las cajas Petri expuestas, se sellaron y se rotularon para ser llevadas al laboratorio de Micología, de la Escuela de Biología, Universidad de El Salvador.

Además, se obtuvieron los promedios mensuales de los datos meteorológicos como: temperatura (°C), precipitación (mm), humedad relativa (%) y velocidad del viento (km/h) registrados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (Anexo 2).

## **Metodología de laboratorio**

Los medios de cultivo fueron realizados en el laboratorio de Micología, posteriormente expuestos fueron llevados al laboratorio, donde se incubaron por un período de 5 días a temperatura ambiente, hasta detectar la presencia de colonias de hongos microscópicos.

Las colonias se observaron en un microscopio estereoscópico para determinar morfología, textura y color de la colonia y posteriormente con la ayuda de un microscopio de campo claro y las claves taxonómicas: Apuntes Básicos de Micología (Escobar, 1985); géneros comunes de micromicetos en cultivo (Escobar, 1979) y libro Illustrated Genera of imperfect Fungi (Barnett y Hunter, 1999) disponibles en el laboratorio de Micología, se determinaron las características taxonómicas para ubicarlos en determinado género y/o especie; posteriormente se contabilizaron.

## Análisis estadístico

A continuación, se describen las pruebas estadísticas que se utilizaron:

- **Fórmula de Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O. %)**

Para determinar la Densidad Relativa y la Frecuencia de Ocurrencia de los hongos microscópicos presentes en el lugar, se utilizaron las siguientes formulas (citado por Esquivel Vásquez, 1988).

$$D.R. = \frac{\text{Nº de colonias de una especie}}{\text{Nº total de colonias}} \times 100$$

$$F.O. = \frac{\text{Nº de muestreos en que ocurrió una especie}}{\text{Nº total de muestreos}} \times 100$$

- **Índice de Diversidad de Shannon – Wiener**

Para encontrar la comunidad más diversa, se utilizó el Índice de Diversidad de Shannon – Wiener (Odum, 1987., citado por Herrera Cornejo, 2005).

Este índice se representa con la siguiente formula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

**Donde:**

H': Índice de diversidad de Shannon Wiener

$P_i$ : Proporción del número total de individuos en la especie  $i$  (abundancia relativa).

ln: Logaritmo natural de  $P_i$

Margalef (1972) menciona que el índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta valores menores de 2 como **diversidad baja**, de 2 a 3.5 **media** y superiores a 3.5 como **diversidad alta**.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico *Past 4.03*.

## RESULTADOS

Durante los muestreos realizados en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador; entre los meses de junio a septiembre del 2022, se presentó un número total de 2759 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 3 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.

El Cuadro 2, presenta el número total de colonias por muestreo, de los cuales el Micelio estéril cristalino 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; *Humícola* 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, igualmente estas especies tuvieron una Densidad Relativa entre 0.04% a 2.39% y una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 80%.

Además, en el cuadro 2 también pueden observarse los 6 muestreos que presentaron mayor cantidad de colonias, de 276 a 353. La mayor cantidad se presentó en el muestreo 4 con 353 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 116 colonias, Micelio estéril pigmentado 42 colonias, con sus especies representativas, *Rhizoctonia* sp con 62 colonias, *Cladosporium* sp con 43 colonias, *Torulopsis* sp con 28 colonias, *Rhodotorula* sp con 24 colonias, *Humícola* sp con 10 colonias y *Geotrichum* sp con 9 colonias.

El muestreo 2, aparece en segundo lugar con un total de 316 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 117 colonias, Micelio estéril pigmentado presentó 56 colonias; entre las especies más representativas se destaca: *Cladosporium* sp y *Torulopsis* sp con 35 colonias cada uno y *Rhodotorula* sp con 21 colonias.

Le sigue el muestreo 3, con un número total de 307 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 109 colonias, Micelio estéril pigmentado 60 colonias; entre las especies más representativas se destaca: *Cladosporium* sp con 35 colonias, *Torulopsis* sp con 21 colonias, *Geotrichum* sp con 19 colonias.

El muestreo 9, con un número total de 292 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 87 colonias, Micelio estéril pigmentado 51 colonias; entre las especies más representativas se destaca: *Rhizoctonia* sp con 59 colonias y *Geotrichum* sp con 32 colonias.

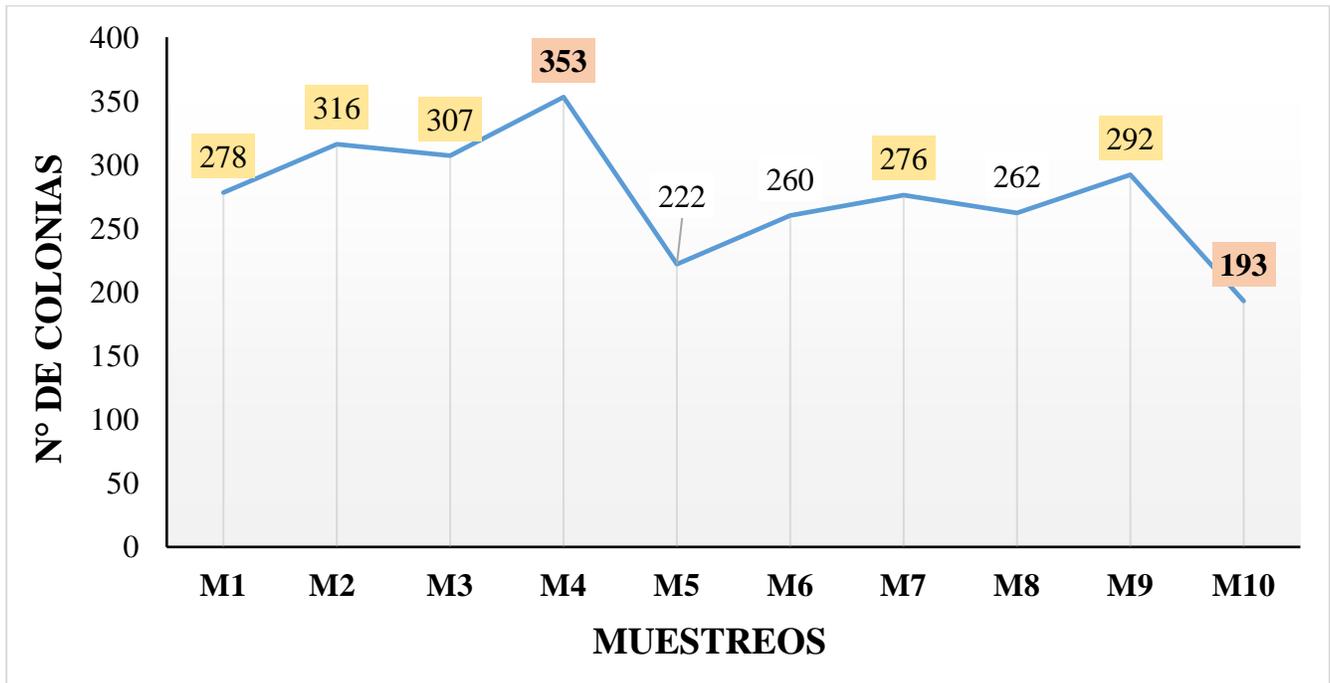
El muestreo 1, con un número total de 278 colonias; de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 96 colonias, el Micelio estéril pigmentado 40 colonias; entre las especies más representativas se destaca: *Humicola* sp con 37 colonias, *Cladosporium* sp con 21 colonias, *Rhodotorula* sp y *Aureobasidium* sp1 con 19 colonias cada uno.

El muestreo 7, con 276 colonias de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 70 colonias, Micelio estéril pigmentado 51 colonias; entre las especies más representativas se destaca: *Cladosporium* sp con 93 colonias y *Geotrichum* sp con 25 colonias. Los demás muestreos presentaron un rango entre 193 a 262 colonias fúngicas.

**Cuadro 2. Número total de colonias fúngicas por fechas de muestreo, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.**

División	Géneros	29/6/2022	7/7/2022	14/7/2022	2/8/2022	19/8/2022	2/9/2022	9/9/2022	16/9/2022	23/9/2022	30/9/2022	Σ	D.R (%)	F.O (%)
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10			
Zygomycota	<i>Mucor</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	0.11	20.00
	<i>Choanephora</i> sp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Mortierella pusilla</i>	0	0	2	1	1	0	0	1	0	2	7	0.25	50.00
	<i>Rhizopus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.07	10.00
Deuteromycota / Ascomycota	<i>Alternaria</i> sp	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	4	0.14	20.00
	<i>Aspergillus candidus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0.07	20.00
	<i>Aspergillus glaucus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0.18	50.00
	<i>Aspergillus oryzae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0.11	20.00
	<i>Aspergillus tamarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0.07	10.00
	<i>Aspergillus versicolor</i>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	4	0.14	40.00
	<i>Aureobasidium</i> sp1	19	1	0	0	0	1	0	1	4	1	27	0.98	60.00
	<i>Aureobasidium</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.04	10.00
	<i>Botrytis</i> sp	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.07	20.00
	<i>Cándida</i> sp *	8	1	2	2	4	0	0	5	2	2	26	0.94	80.00
	<i>Cladosporium</i> sp*	21	35	35	43	16	30	93	19	11	19	322	11.67	100.00
	<i>Curvularia lunata</i>	1	4	2	3	3	0	1	0	0	0	14	0.51	60.00
	<i>Eurotium</i> sp	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	10	0.36	20.00
	<i>Fusarium</i> sp*	4	8	6	8	7	7	4	8	7	7	66	2.39	100.00
	<i>Geotrichum</i> sp*	6	5	19	9	22	38	25	10	32	15	181	6.56	100.00
	<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Gliocladium virens</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Humicola</i> sp	37	10	12	10	3	5	1	7	2	1	88	3.19	100.00
	<i>Oidium</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Penicillium</i> sp1	2	4	1	0	1	1	0	57	0	0	66	2.39	60.00
	<i>Penicillium</i> sp2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.11	10.00
	<i>Penicillium</i> sp3	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	4	0.14	30.00
	<i>Sphacelia</i> sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00
<i>Torulopsis</i> sp	4	35	21	28	15	5	9	8	11	17	153	5.55	100.00	
<i>Trichothecium</i> sp	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00	
<i>Verticillium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0.14	10.00	
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia solani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.04	10.00
	<i>Rhizoctonia</i> sp	15	13	18	62	7	3	9	15	59	7	208	7.54	100.00
	<i>Rhodotorula</i> sp*	19	21	16	24	2	6	12	5	15	9	129	4.68	100.00
Deuteromycota	Micelio esteril cristalino	96	117	109	116	92	108	70	78	87	94	967	35.05	100.00
	Micelio esteril pigmentado	40	56	60	42	47	47	51	41	51	14	449	16.27	100.00
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>278</b>	<b>316</b>	<b>307</b>	<b>353</b>	<b>222</b>	<b>260</b>	<b>276</b>	<b>262</b>	<b>292</b>	<b>193</b>	<b>2759</b>		

La Figura 8, muestra de forma gráfica la distribución del número total de colonias fúngicas por muestreo, realizados de junio a septiembre de 2022, el cual refleja que el muestreo 4 presentó un mayor número de colonias fúngicas con un total de 353; además se hace énfasis como descendió el número de colonias en el muestreo 5, obteniendo un total de 222 y también el muestreo 10 fue el que tuvo la menor cantidad con 193 colonias.



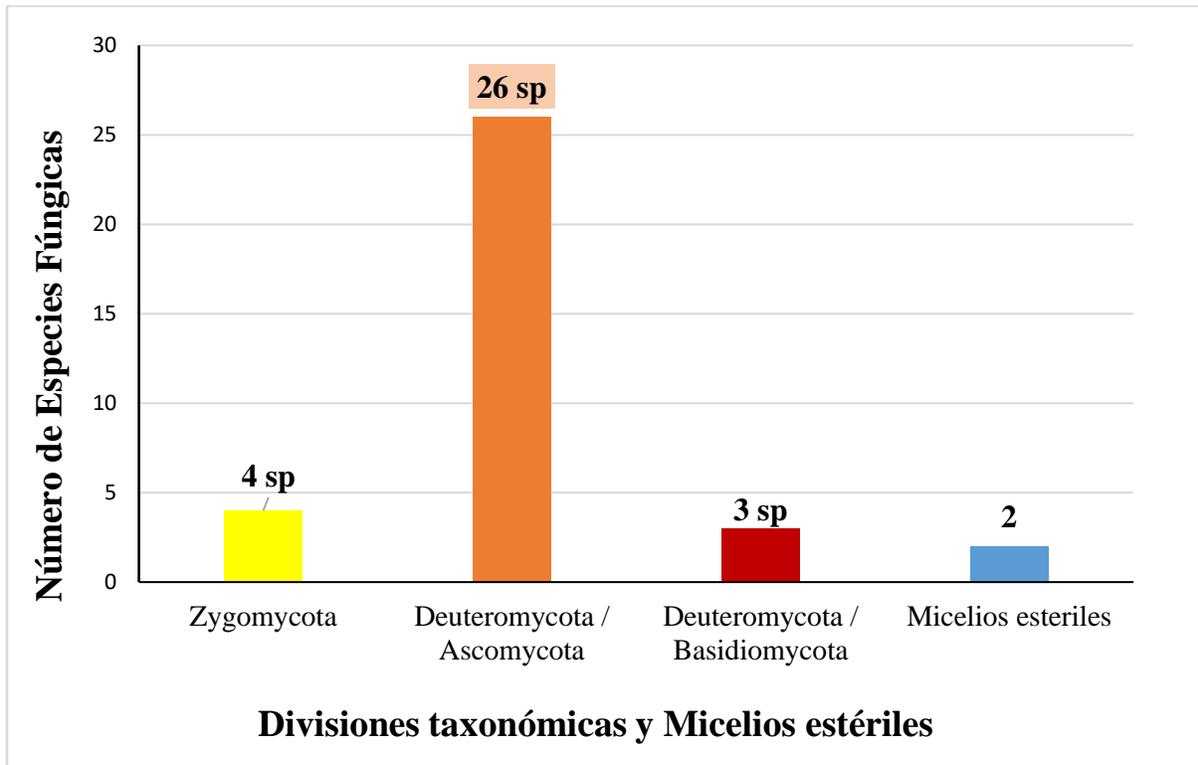
**Figura 8.** Número total de colonias fúngicas por muestreo, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 3, presenta el número de colonias fúngicas aéreas encontradas en el ANP Parque del Bicentenario, de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas, donde la mayor cantidad de hongos pertenecen a la División Deuteromycota/Ascomycota con un total de 26 especies; seguido de la División Zygomycota con 4 especies; la División Deuteromycota/Basidiomycota con 3 especies y 2 Micelios estériles: cristalino y pigmentado.

**Cuadro 3. Número de colonias fúngicas encontradas en el ANP, Parque del Bicentenario de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas, de junio a septiembre de 2022.**

<b>División</b>	<b>Géneros</b>	<b># de especies</b>
<b>Zygomycota</b>	<i>Mucor</i> sp	<b>4</b>
	<i>Choanephora</i> sp	
	<i>Mortierella pusilla</i>	
	<i>Rhizopus</i> sp	
<b>Deuteromycota / Ascomycota</b>	<i>Alternaria</i> sp	<b>26</b>
	<i>Aspergillus candidus</i>	
	<i>Aspergillus glaucus</i>	
	<i>Aspergillus oryzae</i>	
	<i>Aspergillus tamarii</i>	
	<i>Aspergillus versicolor</i>	
	<i>Aureobasidium</i> sp1	
	<i>Aureobasidium</i> sp2	
	<i>Botrytis</i> sp	
	<i>Cándida</i> sp*	
	<i>Cladosporium</i> sp*	
	<i>Curvularia lunata</i>	
	<i>Eurotium</i> sp	
	<i>Fusarium</i> sp*	
	<i>Geotrichum</i> sp*	
	<i>Gliocladium roseum</i>	
	<i>Gliocladium virens</i>	
	<i>Humicola</i> sp	
	<i>Oidium</i> sp	
	<i>Penicillium</i> sp1	
	<i>Penicillium</i> sp2	
	<i>Penicillium</i> sp3	
<i>Sphacelia</i> sp		
<i>Torulopsis</i> sp		
<i>Trichothecium</i> sp		
<i>Verticillium</i> sp		
<b>Deuteromycota / Basidiomycota</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<b>3</b>
	<i>Rhizoctonia</i> sp	
	<i>Rhodotorula</i> sp*	
<b>Deuteromycota</b>	Micelio esteril cristalino	<b>2</b>
	Micelio esteril pigmentado	
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>35</b>

La Figura 9, muestra gráficamente el número de colonias fúngicas aéreas en el ANP, Parque del Bicentenario, de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas, donde se observa que la División Deuteromycota/Ascomycota presenta la mayor cantidad de especies fúngicas (26 especies), la División Zygomycota presenta (4 especies) fúngicas, la División Deuteromycota/Basidiomycota presenta la menor cantidad de especies fúngicas (3 especies) y 2 Micelios estériles.



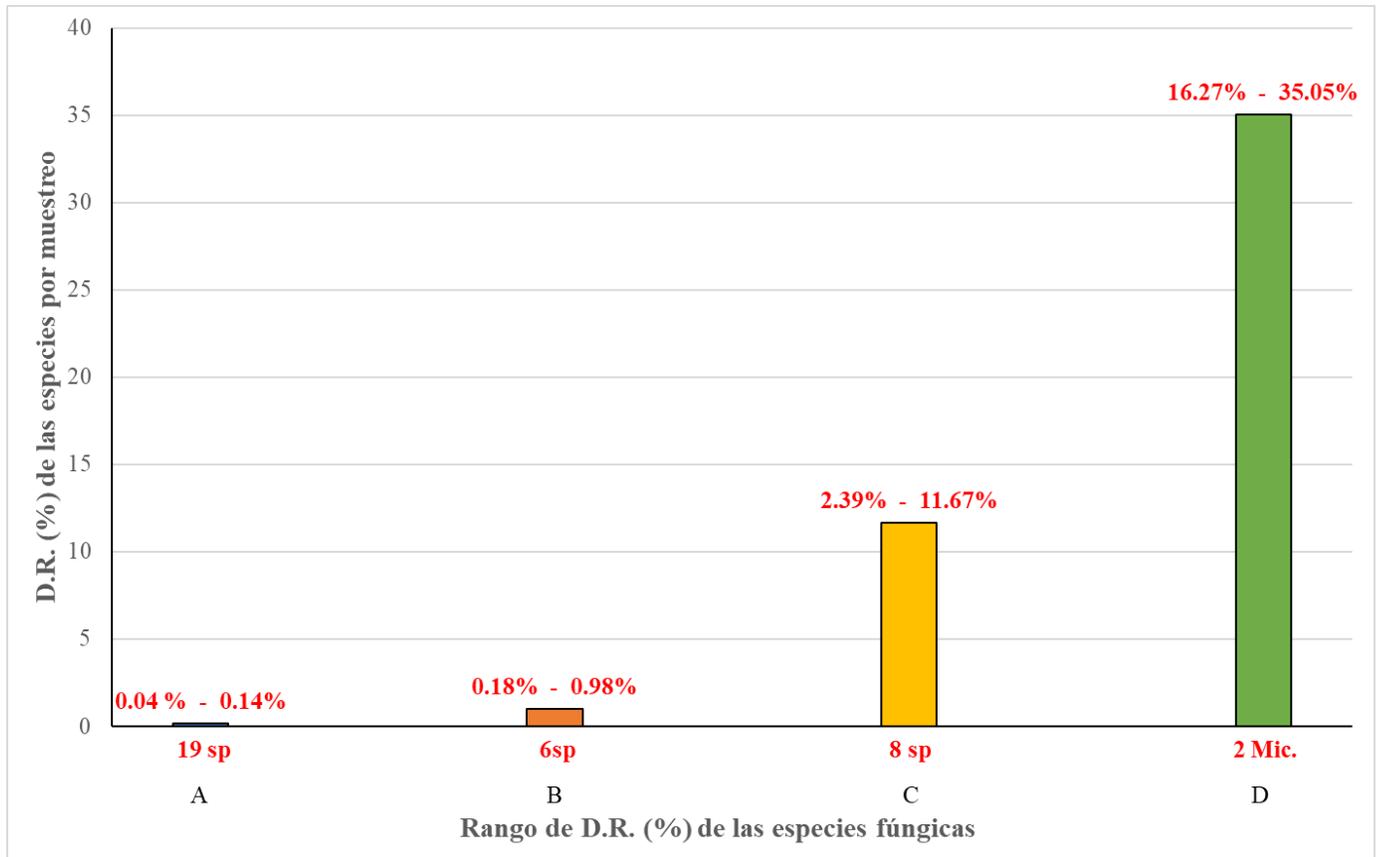
**Figura 9.** Número de colonias fúngicas aéreas en el ANP, Parque del Bicentenario de acuerdo a las Divisiones Taxonómicas, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 4, muestra a las especies fúngicas agrupadas por rangos de Densidad Relativa (%) por muestreo, donde el rango A, representa las especies que están entre D.R.= 0.04% a 0.14% (19 especies); el rango B, las especies que presentaron D.R.= 0.18% a 0.98% (6 especies); el rango C, las especies que presentaron D.R.= 2.39% a 11.67% (8 especies) y el rango D, los micelios estériles que presentaron D.R.= 16.27% a 35.05% (2).

**Cuadro 4. Especies fúngicas agrupadas por rango de D.R (%), en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022.**

Géneros	D.R. (%)	Rango	D.R. (%)	# Especies
<i>Choanephora</i> sp	0.04	RANGO A	0.04 % - 0.14%	19
<i>Aureobasidium</i> sp2	0.04			
<i>Gliocladium</i> roseum	0.04			
<i>Gliocladium</i> virens	0.04			
<i>Oidium</i> sp	0.04			
<i>Sphacelia</i> sp	0.04			
<i>Trichothecium</i> sp	0.04			
<i>Rhizoctonia</i> solani	0.04			
<i>Rhizopus</i> sp	0.07			
<i>Aspergillus</i> candidus	0.07			
<i>Aspergillus</i> tamaritii	0.07			
<i>Botrytis</i> sp	0.07			
<i>Mucor</i> sp	0.11			
<i>Aspergillus</i> oryzae	0.11			
<i>Penicillium</i> sp2	0.11			
<i>Alternaria</i> sp	0.14			
<i>Aspergillus</i> versicolor	0.14			
<i>Penicillium</i> sp3	0.14			
<i>Verticillium</i> sp	0.14			
<i>Aspergillus</i> glaucus	0.18	RANGO B	0.18% - 0.98%	6
<i>Mortierella</i> pusilla	0.25			
<i>Eurotium</i> sp	0.36			
<i>Curvularia</i> lunata	0.51			
<i>Cándida</i> sp*	0.94			
<i>Aureobasidium</i> sp1	0.98			
<i>Fusarium</i> sp*	2.39	RANGO C	2.39% - 11.67%	8
<i>Penicillium</i> sp1	2.39			
<i>Humicola</i> sp	3.19			
<i>Rhodotorula</i> sp*	4.68			
<i>Torulopsis</i> sp	5.55			
<i>Geotrichum</i> sp*	6.56			
<i>Rhizoctonia</i> sp	7.54			
<i>Cladosporium</i> sp*	11.67			
Micelio esteril pigmentado	16.27	RANGO D	16.27% - 35.05%	2
Micelio esteril cristalino	35.05			
<b>35</b>				<b>35</b>

La Figura 10, muestra gráficamente la Densidad Relativa (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP Parque del Bicentenario. Estas especies se presentan en 4 rangos: el rango A, agrupa las especies que tienen una Densidad Relativa entre 0.04% a 0.14% (19 especies); el rango B, las especies que presentaron D.R.= 0.18% a 0.98% (6 especies); el rango C, las especies que presentaron D.R.= 2.39% a 11.67% (8 especies) y el rango D, los micelios estériles que presentaron D.R.= 16.27% a 35.05% (2).



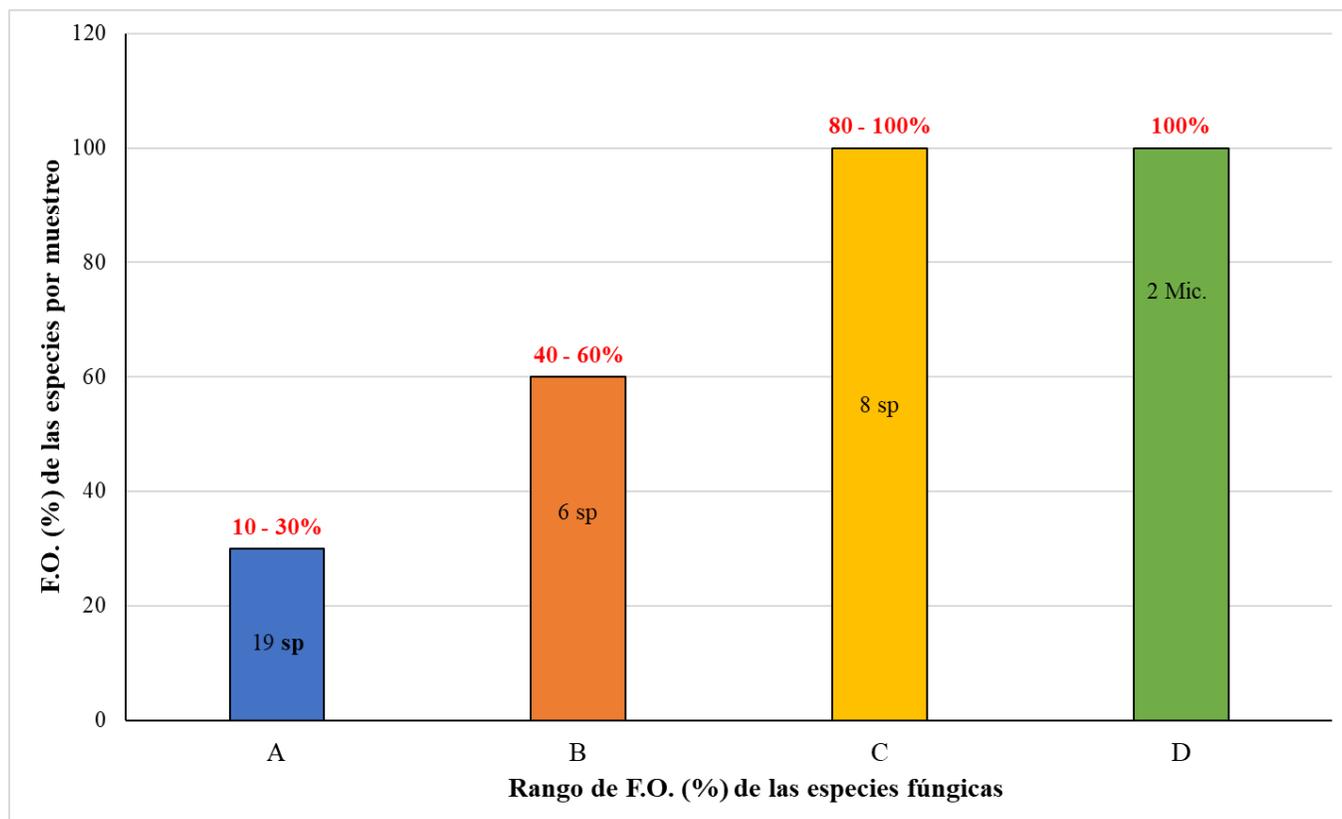
**Figura 10.** Densidad Relativa (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 5, muestra a las especies fúngicas agrupadas por rangos de Frecuencia de Ocurrencia (%) por muestreo, donde, en el rango A, se encuentran las especies que presentaron F.O.= 10% a 30% (19 especies); el rango B, las especies que presentaron F.O.= 40% a 60% (6 especies); el rango C, las especies que presentaron F.O.= 80% a 100% (8 especies) y el rango D, los Micelios estériles con F.O. de 100% (2).

**Cuadro 5. Especies fúngicas agrupadas por rangos de F.O. (%), en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022.**

Géneros	F.O. (%)	Rango	F.O. (%)	# Especies
<i>Choanephora</i> sp	10	RANGO A	10% - 30%	19
<i>Rhizopus</i> sp	10			
<i>Aspergillus tamaritii</i>	10			
<i>Aureobasidium</i> sp2	10			
<i>Gliocladium roseum</i>	10			
<i>Gliocladium virens</i>	10			
<i>Oidium</i> sp	10			
<i>Penicillium</i> sp2	10			
<i>Sphacelia</i> sp	10			
<i>Trichothecium</i> sp	10			
<i>Verticillium</i> sp	10			
<i>Rhizoctonia solani</i>	10			
<i>Mucor</i> sp	20			
<i>Alternaria</i> sp	20			
<i>Aspergillus candidus</i>	20			
<i>Aspergillus oryzae</i>	20			
<i>Botrytis</i> sp	20			
<i>Eurotium</i> sp	20			
<i>Penicillium</i> sp3	30			
<i>Aspergillus versicolor</i>	40	RANGO B	40% - 60%	6
<i>Mortierella pusilla</i>	50			
<i>Aspergillus glaucus</i>	50			
<i>Aureobasidium</i> sp1	60			
<i>Curvularia lunata</i>	60			
<i>Penicillium</i> sp1	60			
<i>Cándida</i> sp*	80	RANGO C	80% - 100%	8
<i>Cladosporium</i> sp*	100			
<i>Fusarium</i> sp*	100			
<i>Geotrichum</i> sp*	100			
<i>Humicola</i> sp	100			
<i>Torulopsis</i> sp	100			
<i>Rhizoctonia</i> sp	100			
<i>Rhodotorula</i> sp*	100			
Micelio esteril cristalino	100	RANGO D	100%	2
Micelio esteril pigmentado	100			
<b>35</b>				<b>35</b>

La Figura 11, muestra gráficamente la Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados. Estas especies se presentan en 4 rangos: el rango A, agrupa las especies que tienen una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 30% (19 especies); el rango B, las especies que presentaron F.O.= 40% a 60% (6 especies); el rango C, las especies que presentaron F.O.= 80% a 100% (8 especies) y el rango D, los micelios estériles con F.O. de 100% (2).



**Figura 11.** Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 6, presenta el número total de colonias fúngicas por sitio en el ANP Parque del Bicentenario, de los cuales el Micelio estéril cristalino 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 F.O. de 100%. Las especies menos representativas se encontraron entre 1 a 66 colonias, igualmente estas especies tuvieron una Densidad Relativa entre 0.04% a 2.39% y una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 80%.

Además, en el Cuadro 6, se presenta el número total de colonias de cada sitio, donde el sitio 8 llamado “Zona de Bambú” fue el más representativo con 343 colonias; de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 87 colonias, Micelio estéril pigmentado presentó 36 colonias; entre las especies más representativas se destaca *Rhizoctonia* sp con un total de 58 colonias, seguido de *Penicillium* sp1 con 56 colonias, *Torulopsis* sp con 26 colonias, *Geotrichum* sp con 20 colonias y *Cladosporium* sp con 19 colonias.

Le sigue el sitio 3 llamado “Sendero de cotuzas” con un número total de 329 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 122 colonias, Micelio estéril pigmentado presentó 55 colonias; las especies más representativas fueron, *Geotrichum* sp con un total de 45 colonias y *Cladosporium* sp con 31 colonias.

El sitio 6 llamado “Sendero lineal” con un número total de 310 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 106 colonias, Micelio estéril pigmentado 33 colonias; la especie más representativa en este sitio fue *Cladosporium* sp con 110 colonias.

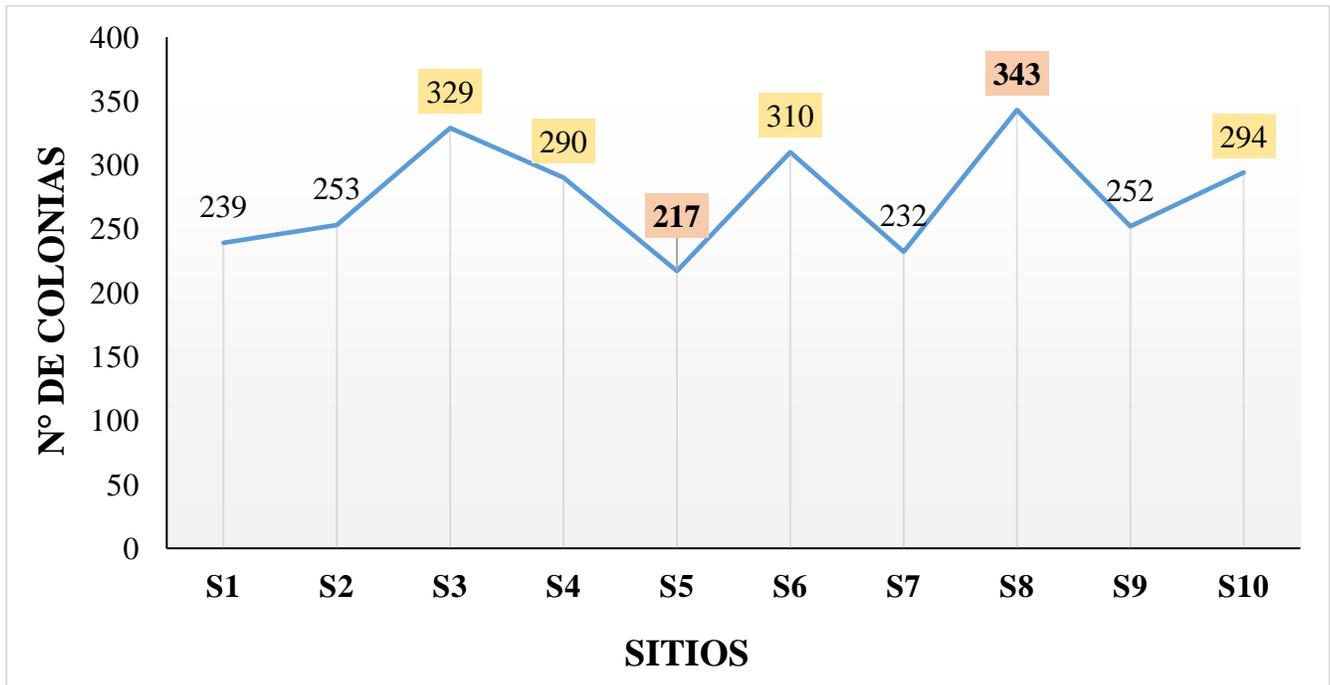
El sitio 10 llamado “Ciclovía/senda peatonal” con un número total de 294 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 99 colonias, Micelio estéril pigmentado 51 colonias; entre las especies más representativas se destaca *Humicola* sp con 42 colonias y *Cladosporium* sp con 31 colonias.

El sitio 4 “Prolongación del Sendero de cotuzas” con un total de 290 colonias, de las cuales el Micelio estéril cristalino presentó 133 colonias, Micelio estéril pigmentado 61 colonias; entre las especies más representativas se destaca *Geotrichum* sp con un número total de 29 colonias y *Cladosporium* sp con 17 colonias fúngicas.

**Cuadro 6. Número total de colonias fúngicas por sitio, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.**

División	Géneros	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	Σ	D.R (%)	F. O (%)	
Zygomycota	<i>Mucor</i> sp	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0.11	30.00	
	<i>Choanephora</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.04	10.00	
	<i>Mortierella pusilla</i>	1	0	0	0	0	0	2	2	1	1	7	0.25	50.00	
	<i>Rhizopus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0.07	10.00
Deuteromycota / Ascomycota	<i>Alternaria</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.14	10.00	
	<i>Aspergillus candidus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.07	10.00	
	<i>Aspergillus glaucus</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0.18	10.00	
	<i>Aspergillus oryzae</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	3	0.11	30.00	
	<i>Aspergillus tamaritii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0.07	20.00	
	<i>Aspergillus versicolor</i>	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0.14	30.00
	<i>Aureobasidium</i> sp1	11	1	0	2	0	9	3	0	0	0	1	27	0.98	60.00
	<i>Aureobasidium</i> sp2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Botrytis</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0.07	20.00
	<i>Cándida</i> sp*	3	4	2	0	4	1	2	2	2	8	0	26	0.94	80.00
	<i>Cladosporium</i> sp*	26	16	31	17	15	110	22	19	35	31	322	11.67	100.00	
	<i>Curvularia lunata</i>	2	5	1	0	3	0	0	0	0	2	1	14	0.51	60.00
	<i>Eurotium</i> sp	0	0	4	5	0	1	0	0	0	0	0	10	0.36	30.00
	<i>Fusarium</i> sp*	2	4	11	5	3	4	5	13	10	9	66	2.39	100.00	
	<i>Geotrichum</i> sp*	12	6	45	29	17	11	23	20	6	12	181	6.56	100.00	
	<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.04	10.00	
	<i>Gliocladium virens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Humicola</i> sp	5	5	5	4	8	4	5	5	5	5	42	88	3.19	100.00
	<i>Oidium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.04	10.00
	<i>Penicillium</i> sp1	2	0	5	1	0	0	0	0	56	1	1	66	2.39	60.00
	<i>Penicillium</i> sp2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0.11	20.00
	<i>Penicillium</i> sp3	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4	0.14	40.00
<i>Sphacelia</i> sp	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00	
<i>Torulopsis</i> sp	28	17	12	6	5	15	14	26	18	12	153	5.55	100.00		
<i>Trichothecium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.04	10.00	
<i>Verticillium</i> sp	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.14	10.00	
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia solani</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.04	10.00	
	<i>Rhizoctonia</i> sp	21	71	13	7	7	3	3	58	11	14	208	7.54	100.00	
	<i>Rhodotorula</i> sp*	14	7	13	14	15	10	8	18	17	13	129	4.68	100.00	
Deuteromycota	Micelio esteril cristalino	73	77	122	133	93	106	94	87	83	99	967	35.05	100.00	
	Micelio esteril pigmentado	33	38	55	61	46	33	46	36	50	51	449	16.27	100.00	
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>239</b>	<b>253</b>	<b>329</b>	<b>290</b>	<b>217</b>	<b>310</b>	<b>232</b>	<b>343</b>	<b>252</b>	<b>294</b>	<b>2759</b>			

La Figura 12, muestra de forma gráfica, la distribución del número total de colonias fúngicas en los 10 sitios muestreados, el cual refleja que el sitio 8 “Zona de bambú” presentó un mayor número de colonias fúngicas con un total de 343, seguido del sitio 3 “sendero de cotuzas” con 329 colonias, el sitio 6 “Sendero lineal” con 310 colonias, el sitio 4 “Prolongación del sendero de Cotuzas” con 290 colonias y el que presentó un menor número fue el sitio 5 “Área de picnic-el Barío” con 217 colonias.



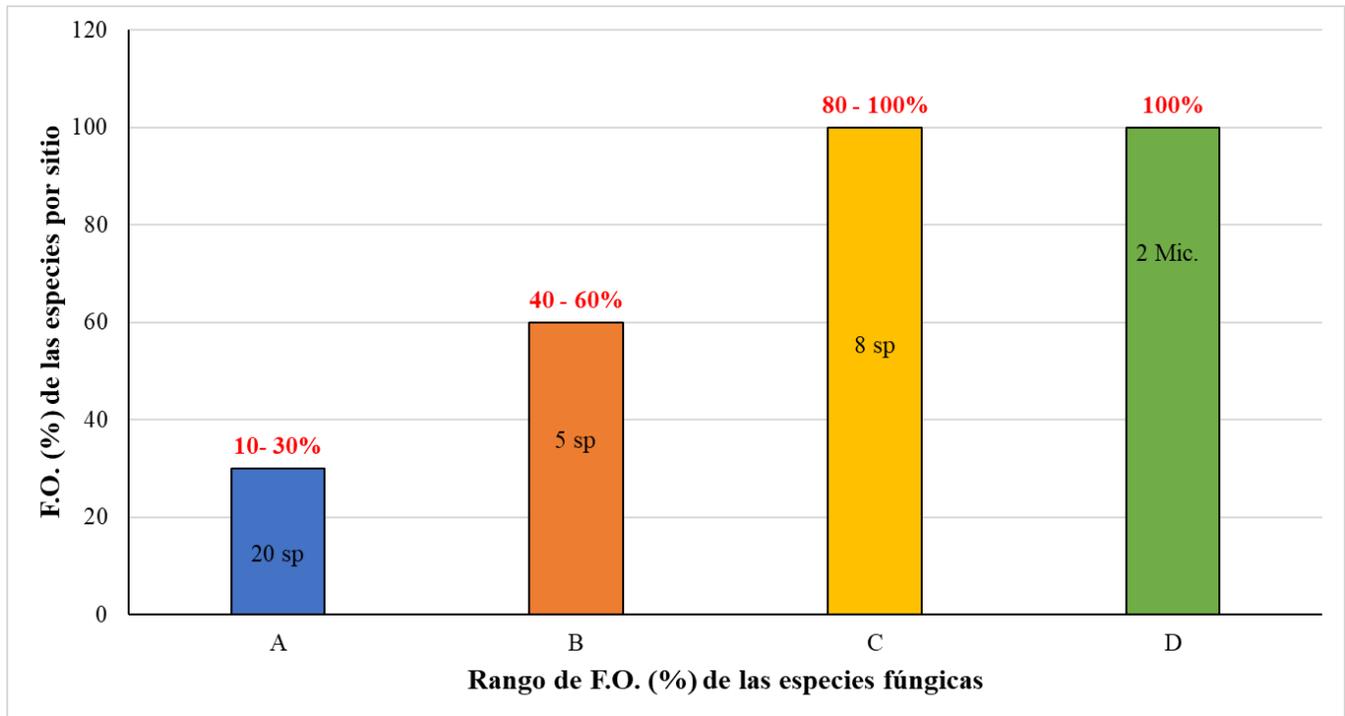
**Figura 12.** Número total de colonias fúngicas por sitio, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 7, muestra las especies fúngicas agrupadas por rangos de Frecuencia de Ocurrencia (%) por sitio, donde, en el rango A, se encuentran las especies que presentaron una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 30% (20 especies); el rango B, las especies que presentaron F.O.= entre 40% a 60% (5 especies); el rango C, las especies que presentaron F.O. 80% a 100% (8 especies) y el rango D, los Micelios estériles que presentaron con F.O. de 100% (2).

**Cuadro 7. Especies fúngicas agrupadas por rangos de F.O (%) por sitio, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022.**

Géneros	F.O. (%)	Rango	F.O. (%)	# Especies
<i>Choanephora</i> sp	10	RANGO A	10% - 30%	20
<i>Rhizopus</i> sp	10			
<i>Alternaria</i> sp	10			
<i>Aspergillus candidus</i>	10			
<i>Aspergillus glaucus</i>	10			
<i>Aureobasidium</i> sp2	10			
<i>Gliocladium roseum</i>	10			
<i>Gliocladium virens</i>	10			
<i>Oidium</i> sp	10			
<i>Sphacelia</i> sp	10			
<i>Trichothecium</i> sp	10			
<i>Verticillium</i> sp	10			
<i>Rhizoctonia solani</i>	10			
<i>Aspergillus tamaritii</i>	20			
<i>Botrytis</i> sp	20			
<i>Penicillium</i> sp2	20			
<i>Mucor</i> sp	30			
<i>Aspergillus oryzae</i>	30			
<i>Aspergillus versicolor</i>	30			
<i>Eurotium</i> sp	30			
<i>Penicillium</i> sp3	40	RANGO B	40% - 60%	5
<i>Mortierella pusilla</i>	50			
<i>Aureobasidium</i> sp1	60			
<i>Curvularia lunata</i>	60			
<i>Penicillium</i> sp1	60			
<i>Cándida</i> sp*	80	RANGO C	80% - 100%	8
<i>Cladosporium</i> sp*	100			
<i>Fusarium</i> sp*	100			
<i>Geotrichum</i> sp*	100			
<i>Humicola</i> sp	100			
<i>Torulopsis</i> sp	100			
<i>Rhizoctonia</i> sp	100			
<i>Rhodotorula</i> sp*	100			
Micelio esteril cristalino	100	RANGO D	100%	2
Micelio esteril pigmentado	100			
<b>35</b>				<b>35</b>

La Figura 13, muestra gráficamente la Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados por sitio. Estas colonias se presentan en 4 rangos: el rango A, agrupa las especies que presentaron una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 30% (20 especies); el rango B, las especies que presentaron F.O.= 40% a 60% (5 especies); el rango C, las especies que presentaron F.O.= 80% a 100% (8 especies) y el rango D, los micelios estériles con F.O. de 100% (2).



**Figura 13.** Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 33 especies y los 2 Micelios estériles encontrados en el ANP, Parque del Bicentenario por sitio, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 8, presenta el Índice de Diversidad Shannon Wiener, en los muestreos realizados se obtuvo un valor de 2.146; de igual manera el Cuadro 9, muestra una comparación del Índice de Diversidad Shannon Wiener por cada sitio muestreado, donde se obtuvo que el sitio 1 “Gimnasio al aire libre”, presentó el mayor índice de diversidad con un valor de 2.193; el sitio 8 “Zona de Bambú” con un valor de 2.12; seguido del sitio 9 “Área recreativa 8-Explanada Sur” con un valor de 2.064; el sitio 10 “Ciclovía / Senda peatonal” con un valor de 2.03; el sitio 3 “Sendero de cotuzas” con un valor de 2.024 y el sitio 6 “Sendero lineal”, presentó un menor índice de diversidad con un valor de 1.697.

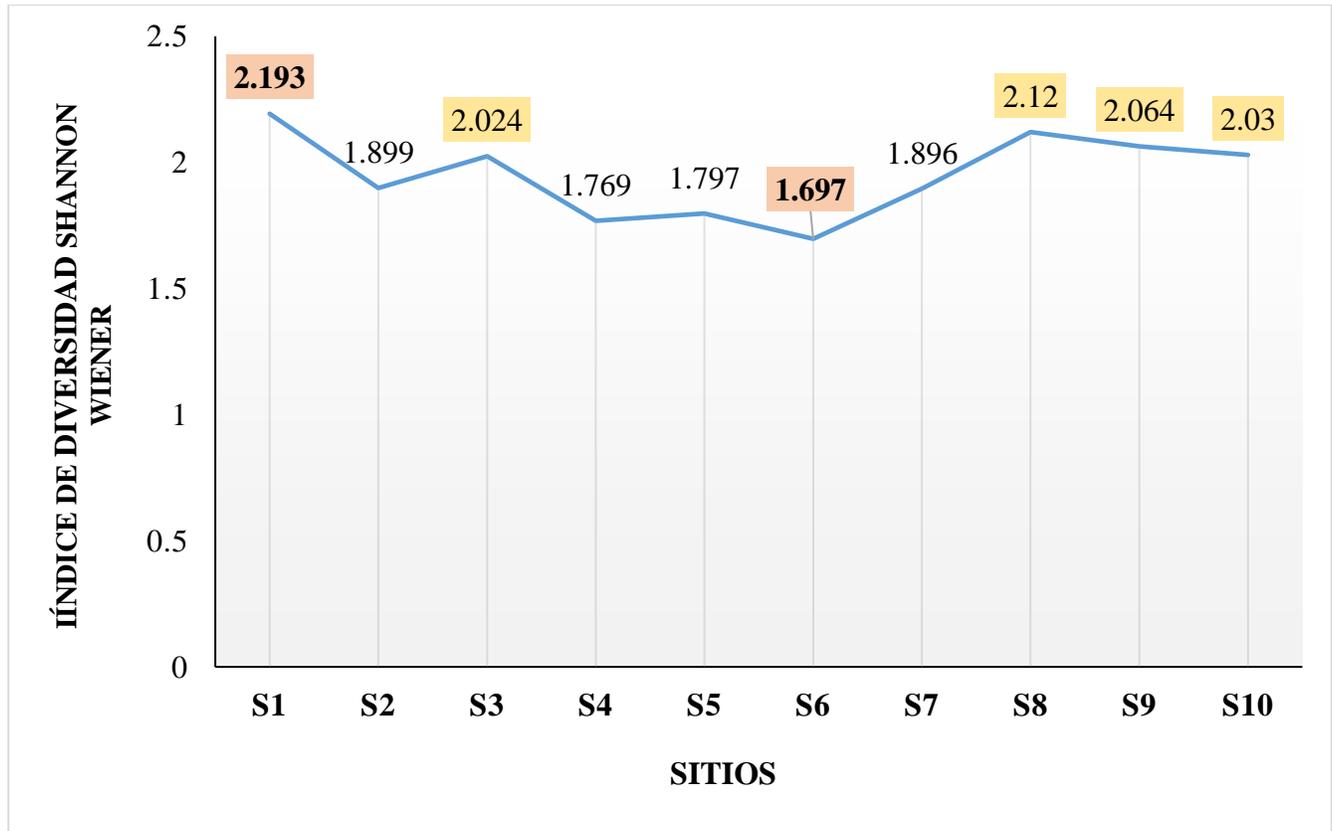
**Cuadro 8. Índice de Diversidad Shannon Wiener por muestreos, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.**

División	Géneros	$\Sigma$ de colonias	Pi	Pi*lnPi
<b>Zygomycota</b>	<i>Mucor</i> sp	3	0.001	-0.007
	<i>Choanephora</i> sp	1	0.000	-0.003
	<i>Mortierella pusilla</i>	7	0.003	-0.015
	<i>Rhizopus</i> sp	2	0.001	-0.005
<b>Deuteromycota / Ascomycota</b>	<i>Alternaria</i> sp	4	0.001	-0.009
	<i>Aspergillus candidus</i>	2	0.001	-0.005
	<i>Aspergillus glaucus</i>	5	0.002	-0.011
	<i>Aspergillus oryzae</i>	3	0.001	-0.007
	<i>Aspergillus tamaraii</i>	2	0.001	-0.005
	<i>Aspergillus versicolor</i>	4	0.001	-0.009
	<i>Aureobasidium</i> sp1	27	0.010	-0.045
	<i>Aureobasidium</i> sp2	1	0.000	-0.003
	<i>Botrytis</i> sp	2	0.001	-0.005
	<i>Cándida</i> sp*	26	0.009	-0.044
	<i>Cladosporium</i> sp*	322	0.117	-0.251
	<i>Curvularia lunata</i>	14	0.005	-0.027
	<i>Eurotium</i> sp	10	0.004	-0.020
	<i>Fusarium</i> sp*	66	0.024	-0.089
	<i>Geotrichum</i> sp*	181	0.066	-0.179
	<i>Gliocladium roseum</i>	1	0.000	-0.003
	<i>Gliocladium virens</i>	1	0.000	-0.003
	<i>Humicola</i> sp	88	0.032	-0.110
	<i>Oidium</i> sp	1	0.000	-0.003
	<i>Penicillium</i> sp1	66	0.024	-0.089
	<i>Penicillium</i> sp2	3	0.001	-0.007
	<i>Penicillium</i> sp3	4	0.001	-0.009
	<i>Sphacelia</i> sp	1	0.000	-0.003
	<i>Torulopsis</i> sp	153	0.055	-0.160
<i>Trichothecium</i> sp	1	0.000	-0.003	
<i>Verticillium</i> sp	4	0.001	-0.009	
<b>Deuteromycota / Basidiomycota</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	1	0.000	-0.003
	<i>Rhizoctonia</i> sp	208	0.075	-0.195
	<i>Rhodotorula</i> sp*	129	0.047	-0.143
<b>Deuteromycota</b>	Micelio esteril cristalino	967	0.350	-0.367
	Micelio esteril pigmentado	449	0.163	-0.295
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>2759</b>	<b>1.000</b>	<b>-2.146</b>
<b>INDICE DE DIVERSIDAD SHANNON WIENER</b>				<b>2.146</b>

**Cuadro 9. Comparación del Índice de Diversidad Shannon Wiener por sitios de muestreo, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.**

División	Géneros	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Zygomycota	<i>Mucor</i> sp	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	<i>Choanephora</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Mortierella pusilla</i>	1	0	0	0	0	0	2	2	1	1
	<i>Rhizopus</i> sp	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Deuteromycota/ Ascomycota	<i>Alternaria</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Aspergillus candidus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	<i>Aspergillus glaucus</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Aspergillus oryzae</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	<i>Aspergillus tamarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	<i>Aspergillus versicolor</i>	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Aureobasidium</i> sp1	11	1	0	2	0	9	3	0	0	1
	<i>Aureobasidium</i> sp2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Botrytis</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	<i>Cándida</i> sp*	3	4	2	0	4	1	2	2	8	0
	<i>Cladosporium</i> sp*	26	16	31	17	15	110	22	19	35	31
	<i>Curvularia lunata</i>	2	5	1	0	3	0	0	0	2	1
	<i>Eurotium</i> sp	0	0	4	5	0	1	0	0	0	0
	<i>Fusarium</i> sp*	2	4	11	5	3	4	5	13	10	9
	<i>Geotrichum</i> sp*	12	6	45	29	17	11	23	20	6	12
	<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Gliocladium virens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Humicola</i> sp	5	5	5	4	8	4	5	5	5	42
	<i>Oidium</i> sp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Penicillium</i> sp1	2	0	5	1	0	0	0	56	1	1
	<i>Penicillium</i> sp2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Penicillium</i> sp3	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
	<i>Sphacelia</i> sp	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Torulopsis</i> sp	28	17	12	6	5	15	14	26	18	12	
<i>Trichothecium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Verticillium</i> sp	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia solani</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	<i>Rhizoctonia</i> sp	21	71	13	7	7	3	3	58	11	14
	<i>Rhodotorula</i> sp*	14	7	13	14	15	10	8	18	17	13
Deuteromycota	Micelio esteril cristalino	73	77	122	133	93	106	94	87	83	99
	Micelio esteril pigmentado	33	38	55	61	46	33	46	36	50	51
<b>INDICE DE DIVERSIDAD SHANNON WIENER</b>		<b>2.193</b>	<b>1.899</b>	<b>2.024</b>	<b>1.769</b>	<b>1.797</b>	<b>1.697</b>	<b>1.896</b>	<b>2.12</b>	<b>2.064</b>	<b>2.03</b>

La Figura 14, muestra gráficamente la comparación del Índice de Diversidad de Shannon Wiener, donde se observa que el sitio 1 llamado (Gimnasio al aire libre) presentó el mayor índice de 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, en el ANP parque del Bicentenario.



**Figura 14.** Comparación del Índice de Diversidad Shannon Wiener por sitios, en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, San Salvador, El Salvador, de junio a septiembre de 2022.

El Cuadro 10, muestra la Densidad Relativa y Frecuencia de Ocurrencia de las especies fúngicas con mayor potencial alérgico en el ANP, Parque del Bicentenario, donde se observan 19 especies en total, entre ellas: *Cladosporium* sp, *Geotrichum* sp, *Rhodotorula* sp y *Fusarium* sp, quienes presentaron F.O. de 100%; *Cándida* sp con 80% de F.O; *Penicillium* sp1, *Aureobasidium* sp1 y *Curvularia lunata* con F.O. de 60%.

*Aspergillus glaucus* presentó F.O. de 50% por muestreo y F.O. de 10% por sitio.

Las demás especies tuvieron un F.O. entre 10% a 40%. por muestreo y por sitio.

**Cuadro 10. Densidad Relativa (%) Y Frecuencia de Ocurrencia (%) de las especies fúngicas con mayor potencial alérgico según muestreos y sitios en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, de junio a septiembre de 2022.**

	ESPECIES	MUESTREO		SITIO
		D.R. (%)	F.O. (%)	F.O. (%)
1	<i>Cladosporium</i> sp*	11.67%	100%	100%
2	<i>Geotrichum</i> sp*	6.56%	100%	100%
3	<i>Rhodotorula</i> sp*	4.68%	100%	100%
4	<i>Fusarium</i> sp*	2.39%	100%	100%
5	<i>Cándida</i> sp*	0.94%	80%	80%
6	<i>Penicillium</i> sp1	2.39%	60%	60%
7	<i>Aureobasidium</i> sp1	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</i> sp3	0.14%	30%	40%
12	<i>Alternaria</i> sp	0.14%	20%	10%
13	<i>Aspergillus oryzae</i>	0.11%	20%	30%
14	<i>Mucor</i> sp	0.11%	20%	30%
15	<i>Aspergillus candidus</i>	0.07%	20%	10%
16	<i>Penicillium</i> sp2	0.11%	10%	20%
17	<i>Aspergillus tamaraii</i>	0.07%	10%	20%
18	<i>Rhizopus</i> sp	0.07%	10%	10%
19	<i>Aureobasidium</i> sp2	0.04%	10%	10%
<b>Total: 19 especies</b>				

## DISCUSIÓN

En esta investigación se utilizó el método de exposición de caja Petri, para determinar cualitativamente y cuantitativamente la microflora presente en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario; esto permitió la obtención de datos que son comparables con los de otros estudios ya realizados con este método, el cual es considerado como uno de los mejores para la identificación y determinación de las especies fúngicas (Gregory y Hirts, 1957; Upsher y Griffiths, 1973; Gregory, 1960; Arias Bonilla, 1982; Esquivel Vásquez, 1988). Herrera cornejo (2005), en su tesis titulada "Población fúngica aérea, en zonas boscosas del Parque Nacional Walter Thilo Deininger La Libertad, El Salvador", utilizó este mismo método para muestrear la época seca y húmeda, determinando que el método de exposición de cajas Petri es funcional en cualquier época del año. Esta investigación fue realizada en la época húmeda durante los meses de junio a septiembre de 2022.

El total de colonias fúngicas aéreas encontradas en el ANP, Parque del Bicentenario entre los meses de junio a septiembre de 2022, fue de 2759 colonias. Comparando el número total de colonias aisladas en los diez sitios de muestreo, se encontró que el lugar con mayor número de colonias fue el sitio 8 llamado "Zona de Bambú" con un total de 343 colonias, de las cuales *Rhizoctonia* sp fue la especie más representativa con 58 colonias, seguido de *Penicillium* sp1 con 56 colonias, *Torulopsis* sp con 26 colonias, *Geotrichum* sp con 20 colonias y *Cladosporium* sp con 19 colonias; algunas de estas especies concuerdan con los resultados de Herrera Cornejo (2005), quién menciona que en la época húmeda en el Parque Nacional Walter Thilo Deininger, las especies que más sobresalieron fueron: *Aspergillus niger*, *Cladosporium* sp y *Penicillium* sp.

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, 4 especies de la división Zygomycota, 3 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; 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.

La especie más representativa en esta investigación fue *Cladosporium* sp esto se debe a que es una especie cosmopolita, cuya predominancia en todo el mundo está bien documentada; lo cual concuerda con estudios realizados en Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Israel, Japón, Australia, Sur África, Norte América, entre otros, que han demostrado que, de los hongos más comunes del aire, *Cladosporium* sp es el más dominante (Kramer et al., 1959; Derrick y McLennan, 1963; citado por Rivera Funes, 1986).

El número de colonias de *Cladosporium* sp fue el de mayor Frecuencia de Ocurrencia y Densidad Relativa entre las especies identificadas, esto puede deberse a la hora en la que se realizaron los muestreos, estos fueron realizados por la mañana, ya que *Cladosporium* es un hongo que tiene periodicidad diurna, alcanzando su mayor diseminación de esporas durante la mañana como lo establece Pathak y Pady (1965).

*Cladosporium* sp, es un hongo que se puede encontrar participando en la descomposición de la materia orgánica o causando enfermedades en las plantas. Así mismo, es el causante de alergias en el hombre, como la llamada “enfermedad del pulmón en granjeros” (Gregory y Lacey, 1963). *Cladosporium* sp ha sido reportado en otros estudios como el hongo más común en el aire y el mayor componente de la población de hongos aéreos en todo el mundo (Kramer et al, 1959; Derrick y Mc Lennan, 1963; citado por Herrera Cornejo, 2005).

Estos datos concuerdan con los obtenidos por Herrera Cornejo (2005), en la cual se encontró dominancia de la División Deuteromycota, donde los géneros que se observaron con mayor dominancia fueron *Cladosporium*, *Penicillium* y Micelio estéril cristalino, encontrándose estos en los 8 sitios de muestreos de dicha investigación. En el ANP, Parque del Bicentenario *Cladosporium* sp aparece en los 10 sitios establecidos, con una Frecuencia de Ocurrencia del 100%, al igual que Micelio estéril cristalino; con la única diferencia en *Penicillium* sp, puesto que se encontraron 3 especies diferentes, con Frecuencias de Ocurrencias distintas, abarcando valores de *P. sp1* 60% *P. sp3* 40% y *P. sp2* 20%.

Otras especies que tuvieron mayor Frecuencia de Ocurrencia (%) en los muestreos realizados en esta investigación fueron *Fusarium* sp, *Geotrichum* sp, *Humicola* sp, *Rhizoctonia* sp, Micelio estéril cristalino y pigmentado con una F.O.= 100%, lo que indica que estas especies aparecen en todos los muestreos realizados en el ANP, Parque del Bicentenario; las especies menos representativas tuvieron F.O. entre 10% a 80%.

Así mismo, se obtuvo la Frecuencia de Ocurrencia (%) de las colonias fúngicas aéreas por sitio, donde *Cladosporium* sp, *Fusarium* sp, *Geotrichum* sp, *Humicola* sp, *Rhizoctonia* sp, Micelio estéril cristalino y pigmentado, tuvieron una mayor F.O.=100% y las especies menos representativas tuvieron F.O. entre 10% a 80%. Estos datos obtenidos, pueden servir de referencia para futuras investigaciones.

*Geotrichum* sp es un hongo de amplia distribución geográfica, aislado de agua, suelo y aire, así como alimentos de consumo humano como los cereales, frutos maduros, leche, etc (Fröhlich-Wyder et al., 2019; Perkins et al., 2020, citado por Granados Casas, s.f.). Así mismo, *Fusarium* sp, es un hongo ampliamente conocido alrededor del mundo, y se ha convertido en un problema serio, ya que producen metabolitos tóxicos que ponen en peligro la salud de los seres humanos y de los animales. Además, es patógeno de plantas de importancia agrícola; *Fusarium* sp puede sobrevivir en el suelo como Micelio o como esporas en ausencia de sus anfitriones, y si se encuentra cerca una planta hospedera, la infección puede iniciar en las raíces, en partes de la planta por encima del suelo, a través del aire o el agua (Villa Martínez et al., 2015).

*Rhizoctonia* sp es un patógeno de distribución mundial que ocasiona pérdidas importantes en la mayoría de las plantas perennes y anuales, incluyendo casi todos los cultivos hortícolas que se desarrollan dentro o sobre el suelo. Entre las enfermedades comúnmente causadas por este patógeno está el llamado damping-off de las plántulas y la podredumbre de las raíces (Rodríguez Limach, 2002).

Al observar el número de colonias en los 10 muestreos realizados, se puede resaltar que el muestreo 4, fue el más representativo con un número total de 353 colonias. Lo anterior podría deberse a la influencia de los factores físico ambientales: viento, temperatura y humedad relativa; estos factores son determinantes para el aislamiento de esporas fúngicas. Además, es importante hacer énfasis que el muestreo 4 se realizó la primera semana de agosto, por ende, hubo una mayor afluencia de personas y animales domésticos en el parque, por el hecho de coincidir con las fiestas agostinas; además, las corrientes de viento se mantuvieron entre moderadas y elevadas, resaltando los sitios 8, 9 y 10 que tuvieron una mayor intensidad de corrientes de aire, debido a que son zonas con poca vegetación. (anexo 2)

El viento es un factor climático determinante para la diferencia del número de esporas fúngicas aisladas en los muestreos realizados, ya que este es su principal medio de diseminación; se pudo observar que en los días que se realizaron los muestreos con mayor aislamiento de esporas fúngicas, se percibió en el ambiente una mayor intensidad de las corrientes de aire, tal como se presentó en el muestreo 4 con 353; seguido del muestreo 2 con un total de 316 colonias y el muestreo 3 con 307 colonias. Estos datos concuerdan con los expresados por Álvarez y Castro (1952), Citado por Herrera Cornejo (2005), quienes encontraron que el contenido de esporas tiende a ser más alto en los días con mucho viento que, en días calmados, pese a la dirección del viento. Christensen (1964), explica que las esporas están adaptadas a dos modos de transporte, pueden ser transportados por los animales y el viento, que es su principal diseminador debido a su tamaño y peso.

Al comparar los 10 muestreos con las condiciones físico-ambientales, podemos resaltar que el muestro 10, fue el que tuvo el menor número con 193 colonias, esto se debió a que fue un día donde se presentaron pequeñas precipitaciones de lluvia durante el muestreo, provocando que las esporas suspendidas en el aire se hidrataran y cayeran al suelo. Según algunos estudios, las primeras gotas de una tormenta pueden estar cargadas con esporas de hongos, pero a medida que la lluvia se prolonga, la cantidad de esporas disminuye (Christensen, 1964).

Es importante mencionar que el muestreo 5, tuvo una disminución muy notable en comparación con el muestreo 4 que fue el que tuvo mayor número de colonias, obteniendo un total de 222 colonias, esto posiblemente sea debido a que, a partir de ese muestreo, el sitio 3 sufrió una modificación ambiental, debido a la tala de árboles en los alrededores y cerca del lugar donde se colocaba la caja Petri, lo que posiblemente modificó la micoflora del lugar.

Las colonias de Micelio estéril fueron reportadas en este estudio, como las más abundantes. Estas colonias fueron de dos tipos: cristalino y pigmentado, de las cuales las cristalinas fueron las más abundantes con un número total de 967 colonias y las pigmentadas con 449. Las colonias de Micelio estéril cristalino y pigmentado, fueron hongos que no alcanzaron a fructificarse, esto debido probablemente a que el medio de cultivo utilizado no les proporcionó los nutrientes necesarios para su esporulación. Esto lo confirma Pady y Kramer (1959); quienes reportan que muchas colonias de Micelio estéril son de Basidiomycetes; transfiriendo estas colonias a tubos conteniendo medios de cultivos específicos, para inducir su esporulación, algunas de ellas resultaron ser de este grupo.

Las levaduras *Torulopsis* sp y *Rhodotorula* sp, están dentro de las especies con mayor Densidad Relativa del 5.55% y 4.68% respectivamente y una Frecuencia de Ocurrencia del 100%. Martínez Ortiz et al. (2018), mencionan que las levaduras se encuentran distribuidas ampliamente en la naturaleza, se localizan en el suelo, en frutas, en flores, en el aire y en el agua; esto justifica la abundancia de levaduras en esta investigación realizada en el ANP, Parque del Bicentenario, debido a la presencia de árboles frutales.

En el ANP, se encontraron especies que ocurren en bajas Densidades Relativas y Frecuencias de Ocurrencia, a estas especies se les denomina “**Transitoria ó Invasoras**” y al grupo de las especies con mayores Densidades Relativas y Frecuencias de Ocurrencia se les llama “**Miembros Naturales o Específicos de la comunidad**”; con base a esto la estructura que presenta el Parque del Bicentenario, es la de una comunidad estable, porque posee muchas especies transitorias y pocas específicas.

Según el Índice de Diversidad Biológica de Shannon Wiener, se obtuvo un valor de 2.146, lo que indica que, el ANP Parque del Bicentenario tiene una diversidad media de especies, ya que, según Margalef (1972), en este estadístico, los valores varían de 1 a 5 e interpreta valores menores de 2 como diversidad

baja, valores 2 a 3.5 como diversidad media y valores superiores a 3.5 como diversidad alta. Además, al realizar el estadístico de Shannon Wiener por sitio, se obtuvo que el sitio 1 llamado “Gimnasio al aire libre” fue el que presentó mayor diversidad con un valor de 2.193, lo que indica una diversidad media de especies y el sitio 6 llamado “Sendero lineal” fue el que presentó la menor diversidad con un valor de 1.697, lo que indica una diversidad baja según el estadístico.

El cuadro 10, 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* encabeza el listado por ser un hongo cosmopolita, encontrándose comúnmente en el aire; junto con *Alternaria*, ambos son hongos alergénicos respiratorios más significativos y se han relacionado con casos de asma y fiebre del heno. *Cladosporium* sp está asociado con casos de rinitis en los que los síntomas no parecen estar relacionados con la cantidad de polen de gramíneas. Aunque no es un agente infeccioso importante, en climas cálidos puede causar infecciones en la piel y debajo de esta, como la queratitis. Estas infecciones tienen un desarrollo lento y su tratamiento implica la remoción quirúrgica de los tejidos afectados junto con el uso de anfotericina B (Pontón et al., 2002).

La segunda especie con mayor potencial alergénico presente en esta investigación fue *Geotrichum*, el cual, provoca micosis broncopulmonar alérgica; en la mayoría de los casos, es provocada por hongos como *Geotrichum*, *Aspergillus*, *Cándida*, entre otros, que pueden crecer en el interior de los bronquios. Estos hongos pueden generar una inflamación bronquial persistente e inducir la formación de bronquiectasias en pacientes con asma. Algunas series de casos han informado que entre el 7% y el 22% de los pacientes asmáticos padecen de aspergilosis broncopulmonar alérgica (Rodríguez-Orozco et al., 2010).

El potencial alergénico de los hongos levaduriformes se tiene registrado que el género *Rhodotorula* sp; puede ocasionar problemas de salud en individuos que presenten factores de oportunismo, como aquellos con sistemas inmunológicos comprometidos. *Rhodotorula* sp. es una levadura que se encuentra habitualmente en la piel y las mucosas como parte de la biota normal, y generalmente se considera un contaminante (Moctezuma Zárate et al., 2015).

El género *Fusarium*, se encuentra asociado a diversas alergias, como el asma, la enfermedad broncoalveolar alérgica y la rinitis perenne, tanto en niños como en recolectores de frutos y otros agricultores que tienen exposición constante. Aproximadamente el 15% de los niños con rinitis perenne presentan una respuesta alérgica al ser expuestos a *Fusarium* mediante provocación nasal. Además, se ha observado reactividad cutánea en pacientes con asma. Es importante destacar que este hongo muestra una reactividad cruzada con determinantes antigénicos de *Aspergillus* y *Penicillium*, lo que significa que puede generar una respuesta alérgica en individuos sensibilizados a estos hongos (Pontón et al., 2002).

El género *Cándida* sp, es capaz de causar infecciones superficiales que afectan la piel, las uñas y las mucosas. La piel húmeda y la mucosa oral y vaginal son lugares comunes para la candidiasis; no obstante, las infecciones por *Cándida* más graves, conocidas como candidiasis diseminadas, se observan principalmente en personas inmunosuprimidas o con enfermedades subyacentes que aumentan su predisposición a sufrir esta infección. Durante el embarazo, en la vejez o en la infancia, son frecuentes las candidiasis superficiales, al igual que en personas que usan prótesis dental o que padecen diabetes (Pontón et al., 2002). En esta investigación *Candida* sp tuvo una D.R. de 0.94% y F.O. de 80%, lo que significa que, a pesar de presentar una frecuencia alta, su Densidad Relativa no es significativa para considerarse una amenaza.

El género *Penicillium* también se registra como una especie que posee un alto potencial alergénico-enzimático, lo que se debe a su capacidad para llevar a cabo actividades enzimáticas como la celulolítica, amilolítica y proteolítica. También, se ha observado que *Penicillium* puede encontrarse colonizando las vías respiratorias de pacientes que padecen alergias respiratorias; además, se han descrito casos en los que *Penicillium* está relacionado con diversas infecciones en diferentes partes del cuerpo, por ejemplo, se han documentado casos de otomicosis, una infección en el oído externo, causada por la colonización de *Penicillium*. También se ha reportado en infecciones oculares como endoftalmitis y queratitis, así como infecciones cutáneas (Pontón et al., 2002). En esta investigación se encontraron 3 especies de *Penicillium* sp, de las cuales *P. sp1* tuvo una D.R. de 2.39%, *P. sp2* con una D.R. de 0.11% y *P. sp3* con una D.R. de 0.14%, de las cuales solo *Penicillium* sp1 se considera representativa.

El género *Aureobasidium*, provoca alergia comúnmente mencionada en pacientes con atopía, aunque su verdadera importancia aún no se conoce con certeza. Se ha observado que este microorganismo puede ser responsable de algunos casos de asma; además de su relación con la alergia, *Aureobasidium* se

considera un saprobio que puede encontrarse en la piel y uñas. También se han descrito casos de infecciones, como la onicomicosis (infección en las uñas), queratitis (infección ocular), peritonitis (inflamación del peritoneo) e incluso infecciones invasoras en pacientes con sistemas inmunocomprometidos (Pontón et al., 2002). En esta investigación se encontraron 2 especies de *Aureobasidium* sp, de las cuales *Aureobasidium* sp1 tuvo una D.R. de 0.98% y F.O. de 0.60% *Aureobasidium* sp2 tuvo una D.R. de 0.04% y F.O. de 10%.

El género *Curvularia*, provoca rinitis alérgica y asma, las cuales son enfermedades respiratorias de origen alérgico que representan un importante problema de salud a nivel mundial. Ambas condiciones se caracterizan por una lesión tisular principal, basada en una reacción de hipersensibilidad tipo I. La rinitis alérgica se manifiesta a través de síntomas como estornudos, secreción nasal, picazón y obstrucción nasal, y puede ser causada por diversos géneros de hongos, incluyendo *Curvularia*. En el caso del asma alérgica, las esporas fúngicas alcanzan las superficies alveolares de los pulmones, desencadenando una inflamación crónica en los tejidos pulmonares (Rodríguez-Orozco et al.,2010). En esta investigación *Curvularia* sp tuvo una D.R. de 0.51% y una F.O. de 60%.

El género *Aspergillus*, es un patógeno humano de gran importancia que puede causar enfermedades invasoras graves en personas con inmunosupresión. La aspergilosis pulmonar necrotizante o diseminada está asociada con una alta tasa de mortalidad (Pontón et al., 2002).

La exposición a los conidios de *Aspergillus*, como ocurre al trabajar con heno mohoso, puede desencadenar el desarrollo de asma o rinitis alérgica. La rinitis alérgica se caracteriza por síntomas como estornudos, secreción nasal, picazón y obstrucción nasal, y puede ser causada por diversos géneros de hongos (Rodríguez-Orozco et al.,2010). Además, *Aspergillus* es responsable de muchos casos de aspergilosis broncopulmonar alérgica y aspergiloma. Estas condiciones clínicas se caracterizan por la presencia del hongo como colonizador en las vías respiratorias, sin invadir de manera agresiva los tejidos (Pontón et al., 2002). En esta investigación se presentaron 5 especies de *Aspergillus*, de las cuales *A. glaucus* tuvo una D.R. de 0.18%, *A. versicolor* con una D.R. de 0.14%, *A. oryzae* con una D.R. de 0.11%, *A. candidus* y *A. tamaritii* con una D.R. de 0.07% cada uno. A pesar que se presentaron 5 especies, ninguna tuvo una Densidad Relativa significativa.

La alergia ocasionada por *Alternaria*, es una causa común de asma, según varios estudios epidemiológicos, aproximadamente el 70% de los pacientes alérgicos a antígenos fúngicos presentan pruebas cutáneas positivas para *Alternaria*. Se han observado reacciones inmunológicas cruzadas con otros hongos como *Stemphylium* y *Curvularia*; clínicamente, la alergia a *Alternaria* se manifiesta a través de reacciones asmáticas de tipo inmediato (Pontón et al., 2002).

Se ha documentado un caso en el que la inhalación intencional de esporas de *Alternaria*, desencadenó un ataque de asma en una persona con antecedentes de respuesta asmática en ambientes húmedos. En esta investigación *Alternaria* sp tuvo una D.R. de 0.14, a pesar que su valor no es significativo, es importante mencionar que la alergia ocasionada por esta especie puede afectar a las personas con un sistema inmunodeprimido.

## 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 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, seguido del muestreo 2 con 316 colonias, el muestreo 3 con 307 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, el sitio 8 “Zona de Bambú” con un valor de 2.12; seguido del sitio 9 “Área recreativa 8-Explanada Sur” con un valor de 2.064; el sitio 3 “Senderos de cotuzas” con un valor de 2.024 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.

## RECOMENDACIONES

- Realizar estudios similares sobre poblaciones fúngicas del aire en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, con el propósito de ampliar el conocimiento de la estructura y composición de la población fúngica presente en el lugar.
- Promover estudios de poblaciones fúngicas aéreas en otras áreas naturales protegidas dentro del territorio nacional, para compararlas con este trabajo y conocer la distribución de las mismas.
- Ejecutar proyectos de investigación Aeromicológicos que aporten información Ecológica, Taxonómica y Biogeográfica de las comunidades fúngicas de El salvador.
- Realizar estudios sobre niveles de contaminación de acuerdo a la OMS y UFC/M<sup>3</sup>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad Agámez, K. J. (2016). Valoración de la calidad microbiológica de los ambientes de las áreas de trabajo del laboratorio de aguas de proactivas aguas de Montería S.A E.S.P. [Trabajo de grado, Programa de Bacteriología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Córdoba]. Recuperado de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/980/VALORACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20MICROBIOL%20GICA%20DE%20LOS%20AMBIENTES%20DE%20LAS%20REAS%20DE%20TRABAJO%20DEL%20LABORATORIO%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). (2013, 22 de abril). Cada vez que respiramos. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2013/articulos/cada-vez-que-respiramos>
- Agrios, G. N. (1992). *Plant Pathology*. (4.<sup>a</sup> ed.). Academic Press.
- Alexopoulos, C. J. (1979). *Introducción a la Micología*. EUDEBA editorial Universidad de Buenos Aires.
- Alexopoulos, C. J., & Mims, C. W. (1985). *Introductory Mycology* (3.<sup>a</sup> ed.). Wiley.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology* (4.<sup>a</sup> ed.). John Wiley and Sons.
- 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]. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51798/1/T40983.pdf>
- Álvarez Bernard, D. (2022, 22 de febrero). *Cómo se producen los hongos*. *Ecologíaverde*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/como-se-reproducen-los-hongos-3666.html>

Álvarez, J. C., & Castro, J. F. (1952). Quantitative studies of airborne fungi of Havana in each of the twenty-four hours of the day. *J. Allergy*, 23, 259. Ancasi, E. G (2007). Manual de Microbiología de los Alimentos - capítulo 4. 40-46 pp Recuperado de <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, Depto. de Biología, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad de El Salvador]. 88 pp.

Ávalos Lázaro, A. A., Rosique Gil, J. E., Cappello García, S., & Villarruel Ordaz, J. L. (2018). Ascomycetes (Fungi: Ascomycota) del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 122, 141-154. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm122.2018.1261> Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-71512018000100141#B24](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512018000100141#B24)

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1999). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (4.<sup>a</sup> ed.). The American Phytopathological Society.

Bertran Prieto, P. (s.f.). Ascomicetos: características, anatomía y fisiología. *Medicoplus*. Recuperado de: <https://medicoplus.com/ciencia/ascomicetos>

Caicedo, Y. C. (2011). *Biofiltración: Tecnología aplicada a contaminantes líquidos y gaseosos*. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena.

Cappello García, S., López Hernández, E., & Sánchez León, V. (2006). Educación ambiental para conocimiento y uso de hongos en una comunidad chontal. Olcuatitán, Nacajuca. Tabasco. *Revista Educación Ambiental*, 5(2), 44-54. Recuperado de: <https://revistas.ujat.mx/index.php/horizonte/article/view/270/201>

Celsi, S. A., & Lacobucci, A. D. (1963). *Química Elemental Moderna Inorgánica*. Editorial Kapelusz, Buenos Aires.

- Chacón Zapata, S., & Gregorio Cipriano, R. (2021). Pequeños grandes conquistadores: hongos ascomicetos. Instituto de Ecología, A.C (INECOL). Recuperado de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-1/redes-tematicas/17-ciencia-hoy/1387-pequenos-grandes-conquistadores-hongos-ascomicetos#:~:text=Los%20ascomicetos%20conforman%20el%20grupo,de%20ascomicetos%20a%20nivel%20mundial.>
- Chacón, S., & Utrera, E. (s.f.). Hongos Ascomicetos: pequeños gigantes de las áreas verdes urbanas y periurbanas de Xalapa. Instituto de Ecología (INECOL). Recuperado de: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/709-hongos-ascomicetos-pequenos-gigantes-de-las-areas-verdes-urbanas-y-periurbanas-de-xalapa>
- Chacón, S., Guzmán, G., Montoya, L., & Bandala, V. M. (1995). Guía Ilustrada de los Hongos del jardín Botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y Áreas Circunvecinas. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 142 pp.
- Cepero de García, M. C., Restrepo Restrepo, S., Franco Molano, A. E., Cárdenas Toquica, M., & Vargas Estupiñán, N. (2012). Biología de Hongos. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Biológicas, Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia.
- Christensen, C. M. (1964). Los hongos y el hombre (2.<sup>a</sup> ed.). Editorial Interamericana, México D.F.
- Coutiño Bello, B. (1979). Importancia de los hongos en las alergias de tipo respiratorio y su estudio en México. Bol. Soc. Mex., 13, 215-222.
- Cox, C. S., & Wathes, C. M. (1995). Bioaerosols Handbook. Lewis Publishers. New York.
- Derrick, E., & McLennan, E. I. (1963). Fungus Spores Found in the air in Melbourne (Victoria), Australia. Acta Allergol, 18, 26-43.

- De la Rosa, M., Mosso, M., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Revista Observatorio Medioambiental*, 5, 375-402. Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A/21767>
- Dean Herman, T. T. (2022). Monitoreo microbiológico del aire interior en la morgue central de Lima. *Corporación Mutua*, 17 pp. Recuperado de: <https://docplayer.es/53215288-Monitoreo-microbiologico-del-aire-interior-en-la-morge-central-de-lima-blgo-dean-herman-tineo-tineo.html>
- Deacon, J. W. (1993). *Introducción a la Micología Moderna* (2.<sup>a</sup> ed.). Editorial Limusa, S.A. de C.V., México, D.F.
- Durán López, J. A. (2013). Epidemiología de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) durante las épocas seca y lluviosa en tres niveles altitudinales de El Salvador. [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4648/1/13101474.pdf>
- Escobar, G. A. (1979). Géneros comunes de Micromicetos en cultivo. Boletín No. 15. Departamento de Biología, Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Escobar, G. A. (1985). Apuntes de Micología Básica. Boletín No. 16. Departamento de Biología, Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Escudero Albarca, N. (2020). Ensayos para el control de mohos alternantes en fruta de hueso mediante el uso de microorganismos antagonistas. [Trabajo de fin de máster, Máster Universitario en Gestión de la Calidad y Trazabilidad de Alimentos de Origen Vegetal, Universidad de Extremadura]. Recuperado de [https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/13376/1/TFMUEX\\_2020\\_Escudero\\_Albarca.pdf](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/13376/1/TFMUEX_2020_Escudero_Albarca.pdf)
- Esquivel Vásquez, R. E. (1988). Análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la Biblioteca Nacional de El Salvador [Tesis para optar a la Licenciatura, Universidad de El Salvador]. 47 pp.

- Esquivel Vásquez, R. E. (2019). Identificación de hongos de la división Deuteromycota. Práctica No. 7. Cátedra micología, Licenciatura en biología.
- Esquivel, P., Mangiaterra, M., Giusiano, G., & Sosa, M. A. (2003). Microhongos anemófilos en ambientes abiertos de dos ciudades del norte de Argentina. Departamento de Micología, Instituto de Medicina Regional, Argentina, 2 pp.
- 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.
- Fröhlich-Wyder, M. T., Arias Roth, E., & Jakob, E. (2019). Cheese yeasts. *Yeast*, 36(3), 129-141. <https://doi.org/10.1002/yea.3368>
- Garcés de Granada, E., Correa de Restrepo, M., Coba de Gutiérrez, B., Orozco de Amézquita, M., Zapata, A. C., Anacona Chingana, A., & Sabogal, S. P. (2003). Morfología y clasificación de los hongos. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 102 pp.
- Granados Casas, A. O. (s.f.). Potencial probiótico de cepas de *Geotrichum candidum* aisladas de quesos. [Tesis para optar a la Maestría, Unidad de Micología y Microbiología Ambiental, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universitat Rovira i Virgili], 1-31 pp. Recuperado de: [file:///C:/Users/Dell/Downloads/Mem%C3%B2ria%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Mem%C3%B2ria%20(2).pdf)
- González Parrado, Z., Fuertes Rodríguez, C. R., de Castro Alfageme, S., Vega Maray, A. M., Fernández Gonzáles, D., & Valencia Barrera, R. M. (2009). Análisis de esporas fúngicas alergénicas en la atmósfera de León, Miranda de Ebro y Zamora (España). Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental (Botánica), Universidad de León, 19, 31-47 pp. Recuperado de: [https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/120981/Analisis\\_de\\_esporas\\_fungicas\\_elergenicas.pdf;jsessionid=EDF0CBE2DD25A6329340FC69EACC21C3?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/120981/Analisis_de_esporas_fungicas_elergenicas.pdf;jsessionid=EDF0CBE2DD25A6329340FC69EACC21C3?sequence=1)
- González, M. C., & Hanlin, R. T. (2008). Distribution and occurrence of Ascomycetes in Mexico. *North American Fungi*, 3(7), 139-145. DOI: <https://doi.org/10.2509/naf2008.003.0077>

- Gregory, P. H., & Hirst, J. M. (1957). The Summer Air-spore at Rothamsted in 1952. I. General Microbiology, 17, 135-152.
- Gregory, P. H. (1960). Outdoor aerobiology. Endeavour, 19(76), 445-453.
- Gregory, P. H. (1961). The microbiology of the atmosphere. Leonard Hill Ltd, London.
- 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.
- Gutiérrez, J. H., Romieu, I., Corey, G., & Fortoul, T. (1997). Contaminación del aire, riesgos para la salud. México DF: UNAM/El Manual Moderno, 4-5. Recuperado de: [http://www.facmed.unam.mx/\\_gaceta/gaceta/nov2597/publicaciones.html](http://www.facmed.unam.mx/_gaceta/gaceta/nov2597/publicaciones.html)
- Hawker, L. E., & Linton, A. H. (1971). Micro-organisms: Function, Form and Environment. Edward Arnold Publ, London.
- Henríquez, V., Lara, K., & Komar, O. (2010). Ecosistemas de Alto Valor para la Conservación en El Salvador. SalvaNatura, San Salvador, 60 pp.
- 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, 538 pp. Recuperado de <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 para optar a la Licenciatura, Universidad de El Salvador]. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8836/1/19200751.pdf>
- Herrera, K., Cobar, O., De León, J., García, M., Boburg, S., López, R., & Solís, E. (2011). Estudio micológico del aire en áreas ocupacionales y exteriores de la Facultad de ciencias químicas y farmacia y otras áreas de la Universidad de San Carlos. Revista científica, 20(1), 69-81.

- 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.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C., & Stalpers, J. A. (2001). Dictionary of the Fungi (9.a ed.). CAB International. Wallingford, Reino Unido, 655 pp.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., & Stalpers, J. A. (2008). Ainsworth y Bisby's Dictionary of the Fungi (10th ed.). CAB International. Wallingford, USA, 784 pp.
- Kuhar, F., Castiglia, V., & Papinutti, L. (2013). Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos. Revista Boletín Biológica, (28), 11-18.
- Linares, J. L. (2011). Inventario de Flora Vasculare del Área Natural Protegida El Espino–Bosque Los Pericos Parque del Bicentenario. SalvaNatura, San Salvador, 70 pp. Recuperado de: <https://docplayer.es/19509158-Inventario-de-flora-vascular-area-natural-prottegida-el-espino-bosque-los-pericos-parque-del-bicentenario.html>
- Lira Gómez, C. F. (2022). Deuteromicetos. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/deuteromicetos/>
- Margalef, R. (1972). Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, 44, 21-235.
- Martínez, Ortíz, R. G., Urias, M. J., Panameño, P., & Joya, J. E. (2018). Identificación de Hongos del aire en el Área Metropolitana de San Salvador. Universidad Luterana Salvadoreña, Facultad de Ciencias del Hombre y la Naturaleza, Ingeniería Agroecológica, 1-28 pp.
- Martínez Hernández, J. A. (1987). Análisis cualitativo y cuantitativo de esporas fúngicas aéreas en dos comunidades del Parque Nacional “Walter Thilo Deininger”. Depto. de Biología, Facultad de Ciencias Humanidades, Universidad de El Salvador, 102 pp.

- Medel, R., Guzmán, G., & Chacón, S. (1999). Especies de Macromicetos citadas de México IX. Ascomycetes, parte III: 1983-1996. *Acta Botánica Mexicana*, 46, 57-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm46.1999.816> Recuperado de <file:///C:/Users/Dell/Downloads/816-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2596-1-10-20160623.pdf>
- Menéndez, J. L. (2014). Deuteromycetes. *Asturnatura*. Recuperado de <https://www.asturnatura.com/articulos/hongos/deuteromycetes.php>
- Miquel, P., & Cambert, C. (1901). *Traité de bacteriologie pure et appliquée*. Ed. Masson et Cie, Paris.
- Molina-Veloso, A., & Borrego-Alonso (2017). Hongos alergénicos viables en un depósito documental del Archivo Nacional de Cuba. *Revista Alergía México*, 64(1), 40-51.
- Morales Valle, H. (2011). *Mohos productores de micotoxinas*. IBB/Centre for Biological Engineering. Universidad de Minho. Campus de Gualtar. 4710 Braga, Portugal.
- Morales Valle, H., Abrunhosa, L., Soares, C., & Calado, T. (2012). Micotoxinas detectadas en productos alimenticios en Portugal: revisión, 1-4.
- Moreno Batres, M., & Paxtor Caté, J. (2014). Determinación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos museos de la ciudad de Guatemala. [Tesis para optar a la Licenciatura, Universidad de San Carlos, Guatemala]. Recuperado de [https://biblioteca \[1\]farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB1081](https://biblioteca[1]farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB1081)
- Moctezuma Zárate, M. de G., Enríquez Domínguez, E., Ramírez Mateos, P., Acosta Rodríguez, I., Cárdenas González, J. F., & Fragoso Morales, L. E. (2015). Aislamiento de hongos alergénicos en una biblioteca universitaria. *Acta Universitaria*, 25(NE-1), 32-38. doi:10.15174/au.2015.758
- Mubor, G. (2012). Hongos imperfectos o Deuteromycota. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/gissmubor/hongos-imperfectos-o-deuteromycota>

Odum, E. P. (1987). *Ecología* (2a. ed.). C.E.C.S.A., México D.F., 295 pp.

Parada Flores, E. del C. (1996). Estudio aeromicológico en época seca de los hospitales San Juan de Dios y Centro Médico de Oriente. [Tesis para optar a la Licenciatura, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador], 60 pp.

Pathak, V. K., & Pady, S. M. (1965). Numbers and viability of certain airborne Fungus Spores. *Mycologia*, 57, 301-310.

Pady, S. M., & Kelly, C. D. (1954). Aerobiological studies of fungi and bacteria over the Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Botany*, 32, 202-212.

Pady, S. M., & Kramer, C. L. (1960). Kansas Aeromycology X. Basidiomycete. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 63(3), 125-134.

Placeres, M. R., Olite, F. D., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 2(44), 1-14.

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>

Polunin, N., & Kelly, C. D. (1952). Arctic aerobiology. Fungi and bacteria caught in the air during flights over the geographical North Pole. *Nature*, 170, 314-316.

Pontón, J., Moragues, D., Gené, J., Guarro, J., & Quindós, G. (2002). *Hongos y Actinomicetos Alergénicos*. Bilbao. *Revista Iberoamericana de Micología*. ISBN: 84-607-5370-0.

Redecker, D. (2008). Glomeromycota. Hongos micorrízicos arbusculares y su(s) pariente(s). Versión 14 de enero de 2008. The Tree of Life Web Project. Recuperado de: <http://tolweb.org/>

- Ripe, E. (1962). Mould allergy I. An investigation of the airborne fungal spores in Stockholm, Sweden. *Acta Allergologica*, 17, 130-159.
- 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 para optar a la Licenciatura, Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador], 67 pp.
- Rodríguez Limach, V. J. (2002). Efecto antagónico y biocontrolador de algunos microorganismos saprofitos contra *Rhizoctonia solani* un fitopatógeno causante del (damping off) en plantas de tomate. [Tesis para optar al grado de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima, Perú], 1-105 pp. Recuperado de: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/salud/rodriguez\\_lv/t\\_completo.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/salud/rodriguez_lv/t_completo.pdf)
- Rodríguez-Orozco, A. R., Méndez-López, T. T., & Moreno-Chimal, K. (2010). Sensitization to fungi allergens as a cause of respiratory allergic disease. Allergens for diagnosis and treatment for fungi allergy. *Immunotherapy. Acta Universitaria*, 41(4), 137-142.
- Rojas Ramírez, L. (2013). Los basidiomicetos: una herramienta biotecnológica promisorio con impacto en la agricultura. *Revista Fitosanidad*, 17(1), 49-55. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209128776009.pdf>
- Sarmiento-Rondón, D. A., & Ramos-Vargas, A. T. (2019). Evaluación de la presencia de bioaerosoles contenidos en material particulado mediante el método de impactación en los colegios San José y Cofraternidad de San Fernando de Bogotá y su relación con las fuentes de emisión presentes en cada zona. [Tesis para optar al título de ingeniero, Universidad de la Salle, Bogotá]. Recuperado de: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2155&context=ing\\_ambiental\\_sanitari](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2155&context=ing_ambiental_sanitari)  
a

Solís Cajas, E. R. (2011). Estudio micológico del aire en áreas ocupacionales y exteriores del Laboratorio de investigación en productos naturales ubicado en el edificio T-10 en la Ciudad Universitaria en zona 12 y el Laboratorio ubicado en zona 1 del Centro de Información y Asesoría Toxicológica del departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. [Tesis para optar a la Licenciatura, Universidad de Guatemala]. Recuperado de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3102.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3102.pdf)

Solomon, E. P., Vilee, C. A., & Davis, P. W. (1987). *Biología*. McGraw Hill. México.

Stetzenbach, L. D. (2002). Introduction to aerobiology. En: C. J. Hurst (Ed.), *Manual of Environmental Microbiology* (2nd Edition, pp. 801-813). ASM Press, Washington.

Ulloa, M., & Hanlin, R. T. (2006). *Illustrated Dictionary of Mycology*. American Phytopathological Society. 672 pp.

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 Díaz, R. A. (2017). Biodiversidad y distribución altitudinal de Macromycetes en el Cerro la Palma, Municipio la Palma, Departamento de Chalatenango, El Salvador. [Tesis para optar a la Licenciatura, Universidad de El Salvador]. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8924/1/19201054.pdf>

Vásquez, R., & 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]. Recuperado de: [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/2773/TESIS%20B814\\_Vas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/2773/TESIS%20B814_Vas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Villa Martínez, A., Pérez Leal, R., Morales Morales, H. A., Basurto Sotelo, M., Soto Parra, J. M., & Martínez Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.42489>

Wilson, C. L., & Loomis, W. E. (1968). *Botánica*. La Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana (UTEHA), México, D. F.

Yassi, A., Kjellstrom, T., Kok, T., & Guidotti, L. (2002). *Salud Ambiental Básica* (versión al español realizada en el INHEM). México DF: PNUMA. Recuperado de: [http://www.pnuma.org/educamb/documentos/salud\\_ambiental\\_basica.pdf](http://www.pnuma.org/educamb/documentos/salud_ambiental_basica.pdf)

## ANEXO

**Anexo 1. Los estándares de hongos en el aire según la Organización Mundial para la Salud (OMS), bajo el documento editado en 1993 por la comisión de las Comunidades Europeas (Cost Project 613 Report n° 12) (Dean Herman 2022).**

<b>Nivel de contaminación</b>	<b>Concentración de Mohos y Levaduras (UFC/m<sup>3</sup> en el aire)</b>
<b>Muy baja</b>	<25
<b>Baja</b>	25-100
<b>Intermedia</b>	100-500
<b>Alta</b>	500-2000
<b>Muy alta</b>	>2000

- $\text{UFC}/\text{M}^3 = \text{Unidades formadoras de colonias por m}^3$
- $\text{N}^\circ \text{ de UFC}/\text{M}^3 = \# \text{ de colonias} \times \text{Factor K}$ .

**Anexo 2. Promedios mensuales de mediciones meteorológicas, registradas durante los meses de muestreo, junio – septiembre 2022, según el MARN.**

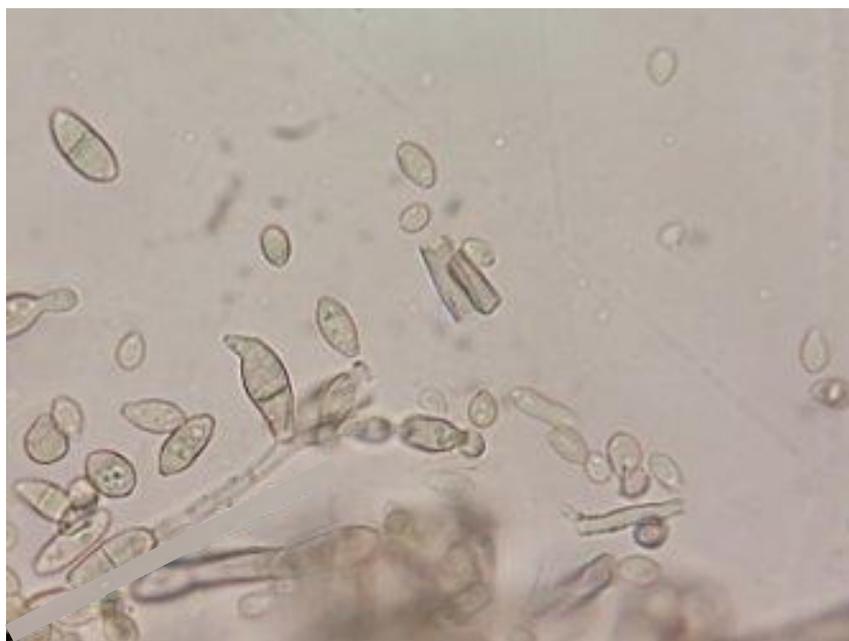
**Departamento:** San Salvador

**Altura:** 700 - 1300 msnm

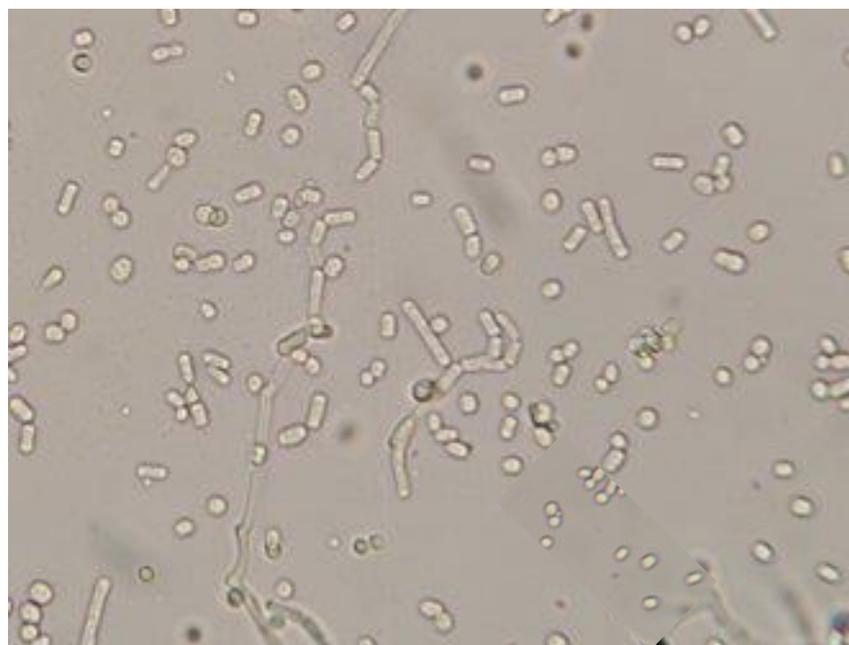
Mes Año	ELEMENTO METEREOLÓGICO			
	Temperatura (C°)	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (Km/h)
jun-22	22.6	367.1	60 - 80	6 - 12
jul-22	23.8	327.1	60 - 85	8 - 14
ago-22	23.2	396.6	66 - 85	4 - 14
sep-22	22.9	491.8	70 - 92	5 - 14

**Fuente:** Resumen climatológico 2022, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

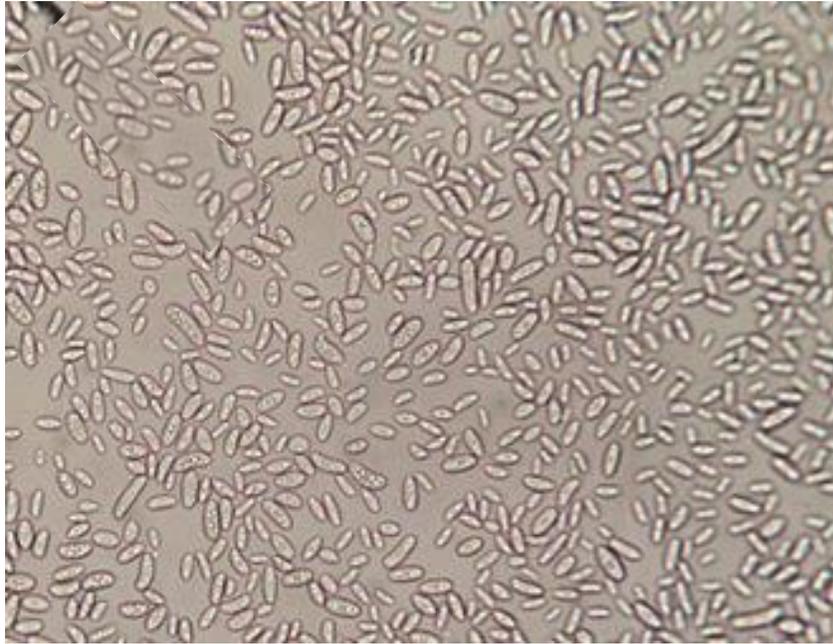
**Anexo 3. Especies representativas en el Área Natural Protegida, Parque del Bicentenario, junio – septiembre 2022, vistas al microscopio de campo claro.**



***Cladosporium* sp** vista a un aumento de 1000X. Registrada con potencial alergénico.



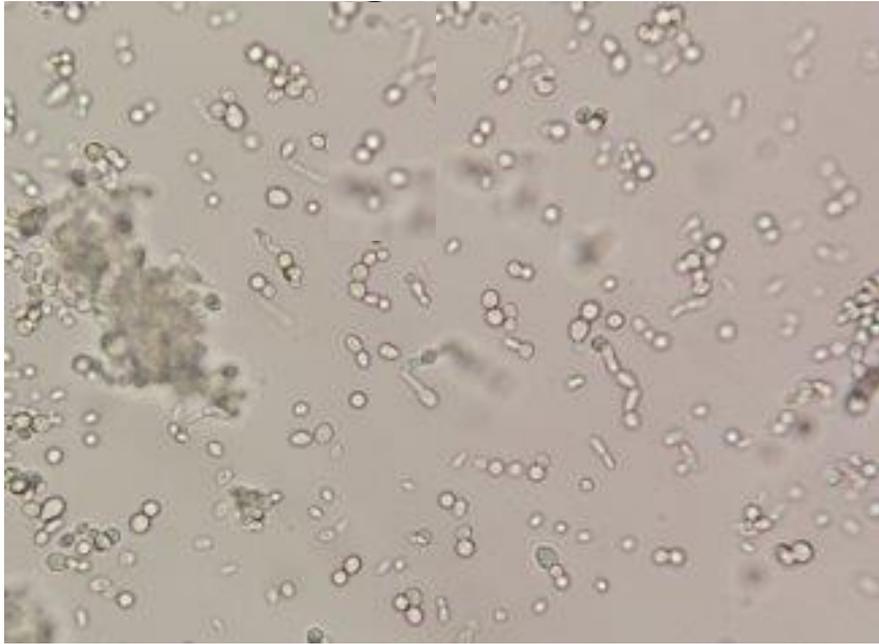
***Geotrichum* sp** vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



*Rhodotorula sp* vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



*Fusarium sp* vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



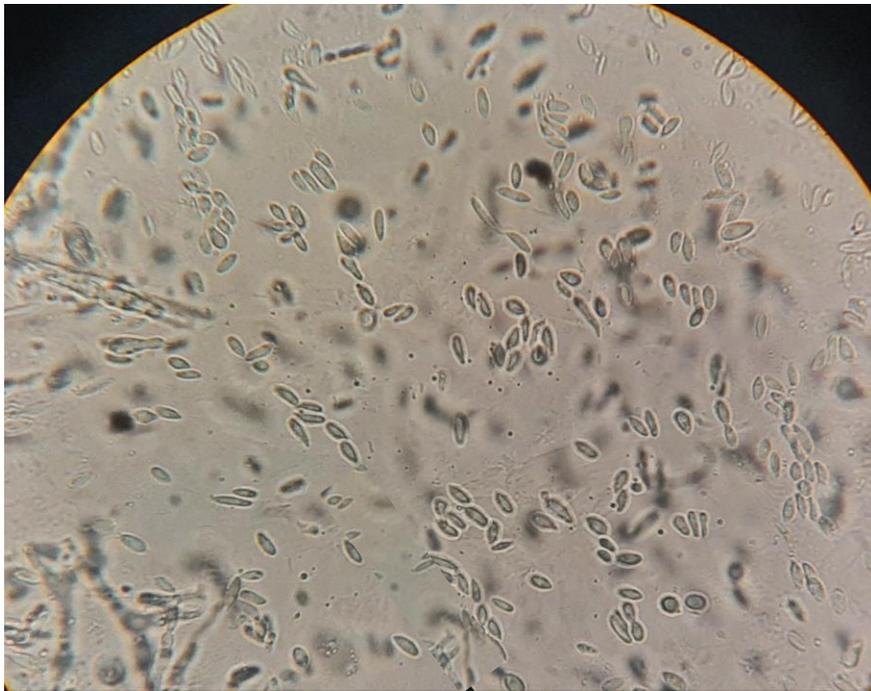
***Cándida sp*** vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



***Penicillium sp*** vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



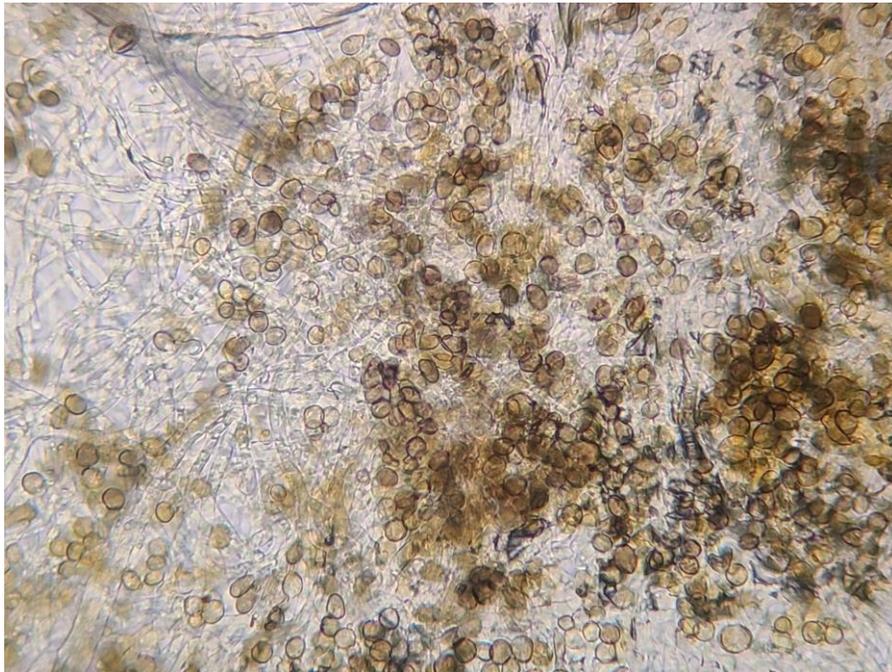
*Hemicola sp* vista a un aumento de 400X.



*Torulopsis sp* vista a un aumento de 400X.



*Aspergillus* sp vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



*Aureobasidium* sp vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



*Curvularia lunata* vista a un aumento de 1000X. Registrada con potencial alergénico.



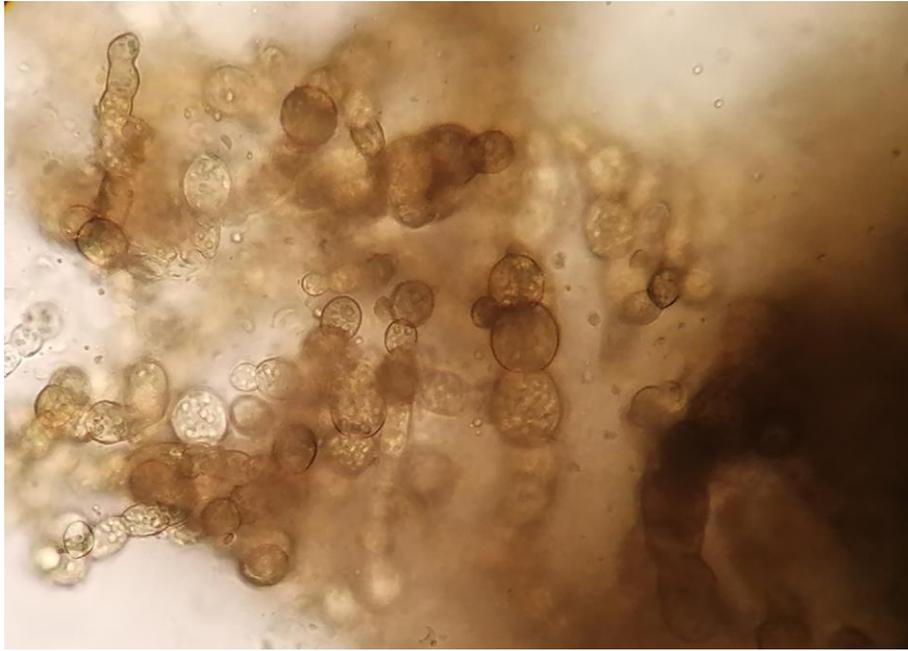
*Mucor* sp vista a un aumento de 400X. Registrada con potencial alergénico.



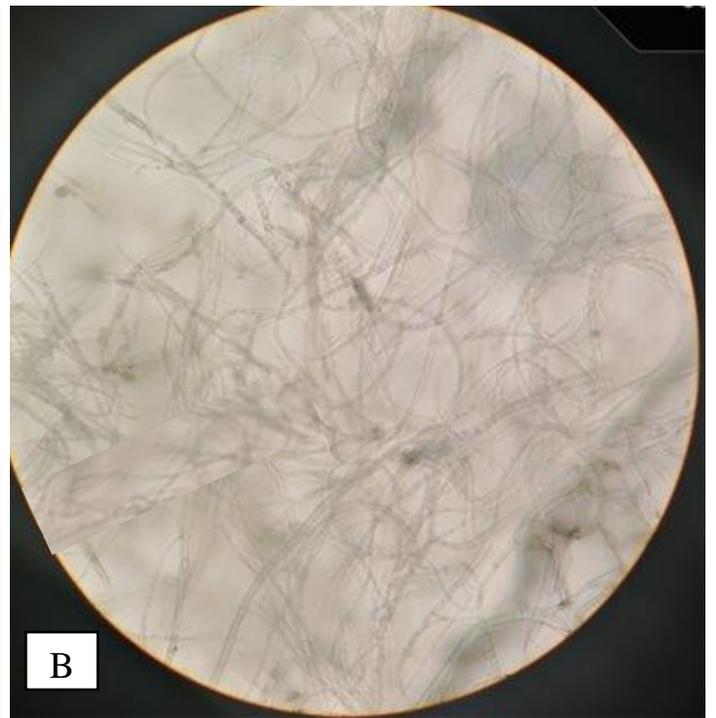
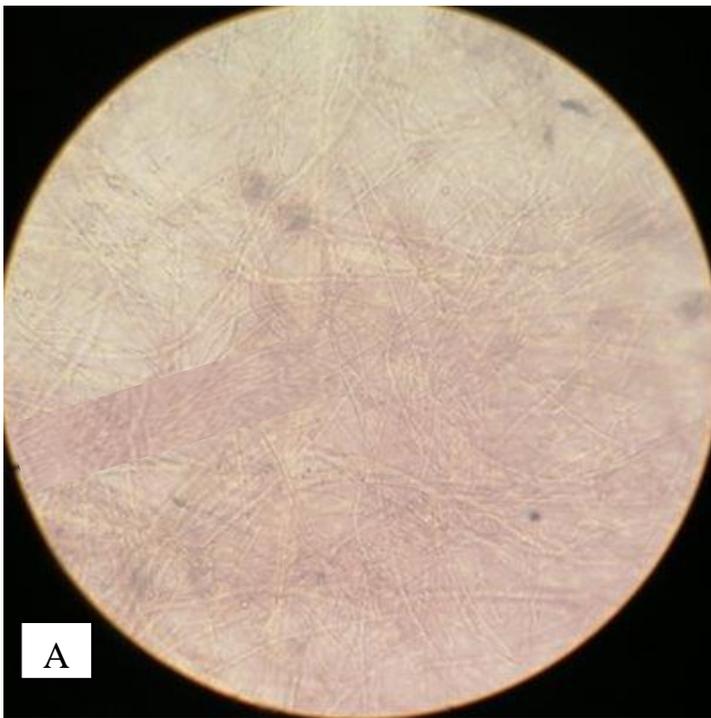
*Rhizopus* sp vista a un aumento de 100X. Registrada con potencial alergénico.



*Alternaria* sp vista a un aumento de 1000X. Registrada con potencial alergénico.



*Rhizoctonia* sp vista a un aumento de 400X.



**A:** Micelio Estéril cristalino; **B:** Micelio Estéril pigmentado, vistos a un aumento de 400X.