

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



**“ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS MICROHONGOS DEL AIRE AL
INTERIOR DEL COMPLEJO EDUCATIVO DR. HUMBERTO ROMERO ALVERGUE,
SAN SALVADOR, EL SALVADOR”**

Trabajo de Graduación Presentado por:

Ramírez López, Eliseo Antonio

RL17010

Para Optar al Grado de:

Licenciado en Biología

Ciudad Universitaria, diciembre de 2024

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



“ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS MICROHONGOS DEL AIRE AL INTERIOR DEL COMPLEJO EDUCATIVO DR. HUMBERTO ROMERO ALVERGUE, SAN SALVADOR, EL SALVADOR”

Trabajo de Graduación Presentado por:

Ramírez López, Eliseo Antonio

RL17010

Para Optar al Grado de:

Licenciado en Biología

Docente Asesor:

M.Sc. Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez

Ciudad Universitaria, diciembre de 2024

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



“ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS MICROHONGOS DEL AIRE AL INTERIOR DEL COMPLEJO EDUCATIVO DR. HUMBERTO ROMERO ALVERGUE, SAN SALVADOR, EL SALVADOR”

Trabajo de Graduación Presentado por:

Ramírez López, Eliseo Antonio

RL17010

Para Optar al Grado de:

Licenciado en Biología

TRIBUNAL CALIFICADOR:

Jurado Externo:

M. Ed. Enma Patricia Molina Díaz

Lic. Fidel Ángel Parada Santamaría

Ciudad Universitaria, diciembre de 2024

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

Universidad de El Salvador

Rector

M.Sc. Juan Rosa Quintanilla

Vicerrectora Académica

Dra. Evelyn Beatriz Farfán

Vicerrector Administrativo

M.Sc. Roger Arias

Secretario General

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

Fiscal

Lic. Carlos Amílcar Serrano Rivera

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

Decano

Dr. Luis Gilberto Parada Gómez

Vice Decano

Dr. José Nerys Funes Torres

Secretaría

Mstra. Angela Gudelia Portillo de Pérez

Directora Escuela de Biología

Licda. Milagro Elizabeth Salinas Delgado

Ciudad Universitaria, diciembre de 2024

DEDICATORIA

“A Dios, por darme la capacidad de culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, Inés López y Eliseo Ramírez, por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida; por proporcionarme los medios para completar mis estudios y culminar con este trabajo.

A mi hermano, Josué, con mucho cariño por su apoyo al acompañarme a cada uno de los muestreos y en cada etapa de mi vida.

A mis profesores por todo su apoyo en mi formación como biólogo y a mis amigos por animarme y por su apoyo”

AGRADECIMIENTOS

A mi querida asesora M. Sc. Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez por el acompañamiento brindado a lo largo de los 5 años de mi carrera y el proceso de la investigación, apoyándome desde el primer ciclo, hasta poder culminar el proceso.

A los miembros del jurado calificador, M. Ed. Enma Patricia Molina Díaz y Lic. Fidel Ángel Parada Santamaría, por su colaboración, disponibilidad y observaciones que enriquecieron este trabajo.

A los docentes de la Escuela de Biología. En especial al M.Sc. Miguel Moreno por su apoyo con equipo y materiales de laboratorio y al Lic. Jairo Marroquín por su colaboración en la etapa del desarrollo y defensa del perfil de investigación.

Al Programa Jóvenes Talento de la Universidad de El Salvador, por el préstamo del equipo de laboratorio (Microscopios de Campo Claro y Microscopios Estereoscópicos), fundamentales para poder desarrollar la investigación.

A las autoridades del “Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue”, San Salvador por permitirme llevar a cabo la toma de muestras en sus instalaciones.

Al Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por el préstamo de cristalería.

A mi profesora, Licda. María de los Ángeles Castillo Zaldívar, por su gran cariño y por mostrarme el fascinante campo de las ciencias biológicas.

A mis compañeros de la carrera y amigos Abigail Granados y Fidel Parada, quienes me acompañaron en el proceso de la investigación.

A mi mejor Amigo Nahum González, por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi familia quien siempre me ha apoyado, motivado e inspirado a salir adelante en cada uno de los aspectos de mi vida, incluida mi carrera.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS.....	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
MARCO TEÓRICO	4
Antecedentes	4
Antecedentes históricos	4
Investigaciones previas	5
Fundamentos Teóricos.....	6
El aire	6
Composición del aire	6
Microbiota aérea	6
Bioaerosoles	6
Contaminación del aire	7
Contaminación del aire interior	7
Calidad del aire	8
Normativa de calidad del aire en El Salvador	8
Estándares de concentración de hongos en el aire recomendados por la Organización Mundial de la Salud	8
Reino Fungi	9
Generalidades de los hongos	9
Anatomía y morfología de los hongos	9
Mecanismos de reproducción	9
Nutrición	10
Clasificación de los hongos según su forma de nutrición	10
Clasificación taxonómica de los hongos	10
Microhongos	12
Mohos	12
Levaduras	12
Factores físico-químicos que determinan el crecimiento de los microhongos	13

Dinámica fúngica en el aire exterior.	13
Dinámica fúngica en el aire interior.	14
Presencia de microhongos en el interior de edificios públicos y viviendas.	14
Enfermedades relacionadas a los microhongos.	15
Métodos y Técnicas para el estudio de microhongos del aire	17
Medios de cultivo para microorganismos.	17
Método gravimétrico o de sedimentación pasiva.	18
Identificación de los microhongos.	18
Montaje por disección.	18
METODOLOGÍA	19
Ubicación Geográfica del sitio de estudio.	19
Metodología de Campo	20
Metodología de Laboratorio	22
Preparación del medio de cultivo.	22
Identificación de los microhongos.	22
Análisis de Datos.	23
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	56
ANEXOS	67

LISTADO DE CUADROS

Cuadros

Cuadro 1. Sitios de muestreo en el Complejo Educativo “Dr. Humberto Romero Alvergue”, San Salvador, El Salvador de junio a octubre del 2022.	21
Cuadro 2. Estándares de concentración de hongos en el aire UFC/m ³ establecidos por la Organización Mundial de la Salud.	24
Cuadro 3. Número total de colonias fúngicas, Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) por muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.	27
Cuadro 4. Número de especies fúngicas encontradas en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.....	29
Cuadro 5. Especies fúngicas agrupadas en rangos de D.R (%) de acuerdo a los muestreos, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.	31
Cuadro 6. Especies fúngicas agrupadas en rangos de F.O (%) de acuerdo a los muestreos, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.....	33
Cuadro 7. Número total de colonias fúngicas, Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) por sitio de muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.	37
Cuadro 8. Especies fúngicas agrupadas en rangos de D.R (%) de acuerdo al sitio de muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.	39
Cuadro 9. Especies fúngicas agrupadas en rangos de F.O (%) según el sitio de muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.....	41
Cuadro 10. Concentración de Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m ³) por sitio de muestreo y Niveles de Contaminación presentado en los diferentes sitios de muestreo de acuerdo a los estándares de la OMS durante los meses de junio a octubre de 2022.	43
Cuadro 11. Densidad Relativa (D.R%) Y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) de las especies con potencial alergénico encontrados en los diferentes sitios y muestreos realizados en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, durante los meses de junio a octubre de 2022.....	44

LISTADO DE FIGURAS

Figuras

Figura 1. Ubicación del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue.....	19
Figura 2. Croquis del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue.	19
Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo en el Complejo Educativo.	20
Figura 4. Número total de colonias fúngicas por muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.	28
Figura 5. Número de especies fúngicas encontradas en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.	30
Figura 6. Densidad Relativa (%) de las 44 especies y Micelios Estériles encontrados según muestreos en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.	32
Figura 7. Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados en los muestreos en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.	34
Figura 8. Número total de colonias fúngicas por sitio, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.	38
Figura 9. Densidad Relativa (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.....	40
Figura 10. Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados de acuerdo al sitio de muestreo en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.....	42

RESUMEN

Con el fin de conocer y clasificar taxonómicamente los hongos del aire presentes al interior del “Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue”, ubicado en San Salvador, se realizaron muestreos utilizando el método de Sedimentación Pasiva o de Omeliansky, método comprobado para la identificación y determinación de especies fúngicas. El medio de cultivo utilizado fue Papa Dextrosa Agar (PDA), adicionado con antibiótico.

Para la investigación se establecieron 18 sitios de muestreo al interior del complejo educativo, en cada uno de ellos se expusieron durante los meses de junio a octubre una caja Petri con medio de cultivo durante 10 minutos a una altura superior a 1.50 m, durante un horario de 8:30 a 11:30 am.

Como resultado de la investigación se contabilizaron un total de 2021 colonias fúngicas, correspondientes a 44 especies diferentes y dos Micelios Estériles (Pigmentado y hialino). Las especies identificadas fueron agrupadas en las divisiones Zygomycota (4 especies), Deuteromycota/Ascomycota (36 especies) y Deuteromycota/Basidiomycota (4 especies). Los micelios estériles se clasificaron como Deuteromycota.

El muestreo 10, realizado en el mes de octubre fue el que presentó mayor número de colonias con 247, mientras que el muestreo 7 presentó el menor número, con 155 colonias fúngicas. El sitio con mayor cantidad de microhongos del aire fue el sitio “M1” este corresponde al Aula Número 1 del sector de los Módulos con un total de 204 colonias, mientras que en los sitios “C1” y “B2”, aulas del bachillerato técnico en salud, se obtuvieron el menor número de colonias fúngicas, 67 en cada una.

Se determinó que 16 de los 18 sitios de muestreo presentan un nivel de contaminación alta con una concentración de Unidades formadoras de Colonias (UFC/m³) por encima de las 500. Mientras que dos sitios: “B2” y “C1”, ambas aulas del bachillerato técnico en Salud presentan un nivel de contaminación medio entre 100 a 500 UFC/m³, según los estándares de concentración de hongos en el aire UFC/m³ establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Adicionalmente se determinó que 30 especies del total encontradas en el Complejo Educativo tienen un potencial alergénico.

Cladosporium herbarum y *Penicillium* sp, fueron las especies con mayor densidad en este estudio, mientras que el género *Aspergillus*, presentó 12 especies.

INTRODUCCIÓN

Los hongos y sus estructuras reproductivas forman parte de los principales bioaerosoles de la atmósfera, son transportados por medio de las corrientes de aire y están presentes en grandes cantidades en todos los entornos, se calcula que los seres humanos inhalamos un promedio de diez mil microorganismos al día entre virus, bacterias y hongos, estos últimos en mayor cantidad. (De la Rosa et al, 2002; Alija, 2017, Lanza et al, 2018).

Los hongos del aire pueden ser: levaduras unicelulares, con colonias de aspecto liso de varias tonalidades, o filamentosos multicelulares formados por hifas con aspecto generalmente algodonoso. Principalmente se clasifican en la división Zygomycota y Deuteromycota (hongos "imperfectos"), estos se reproducen asexualmente por medio de conidios. (Alexopoulos & Mims, 1985; Estrada & Ramírez, 2019).

La mayoría de microhongos son saprófitos, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Aspergillus* son algunos de los que se presentan con mayor frecuencia en los diferentes estudios, generalmente no representan un riesgo para los seres humanos, sin embargo, está comprobado que en algunas condiciones estos se comportan como microorganismos oportunistas causando diferentes padecimientos de salud, desde alergias leves, hasta cuadros clínicos severos. (Sánchez & Almaguer, 2014; Bonifaz, 2015).

El Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue por su extensión y gran afluencia de personas se convierte en un sitio de intercambio de material particulado y bioaerosoles, condiciones propicias para el desarrollo de los microhongos.

Este estudio permitió clasificar taxonómicamente las especies de microhongos encontradas al interior del Complejo Educativo y determinar sus concentraciones durante los meses de junio a octubre de 2022; con el objetivo de establecer niveles de contaminación al interior de la institución con base a los estándares elaborados por la Organización Mundial de Salud. Además, se realizó la comparación entre las diferentes fechas de muestro y los sitios de muestreo.

La investigación servirá como una base para futuros proyectos relacionados al área de los microhongos presentes en el aire.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la presencia de microhongos del aire en el interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador.

Objetivos específicos

Identificar y clasificar taxonómicamente los microhongos del aire presentes en el interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador.

Determinar la densidad relativa, frecuencia de ocurrencia y niveles de concentración (UFC/m³) de los microhongos del aire aislados al interior del Complejo Educativo.

Establecer de acuerdo a los estándares de la Organización Mundial de la Salud, el nivel de contaminación por hongos microscópicos del aire del Complejo Educativo.

Describir las especies de hongos alergénicos presentes en el aire al interior del Complejo Educativo.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Antecedentes históricos

El estudio de los organismos presentes en el aire, se remonta mucho tiempo atrás, en el siglo XVI, el botánico Valerius Cordus, observó las esporas de los hongos, pero el primero en dibujarlas fue Micheli (1679-1737) quien primero las dibujó observando las esporas de los mohos que se transmitían por el aire (Miquel & Cambert, 1901, citado en De la Rosa et al, 2002).

En 1882 se generalizan los análisis microbiológicos del aire, estudiándose el número y tipo presentes en diversos ambientes, se demostró que a medida que aumenta la altitud, disminuye el número de microorganismos. Posteriormente, otros investigadores corroboraron esta afirmación. Así, en 1883 y 1884, Freudenreich, estudiando el aire de diversos picos de los Alpes, concluyó que a 300 m hay muy pocos microorganismos y que por encima de 4.000 la pureza era absoluta. (De la Rosa et al, 2002).

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 & Durie, 1962; Ripe, 1962, citado en Esquivel, 1988).

Hace más de doscientos años comenzaron los trabajos que propiciaron el surgimiento de la Aerobiología. Sin embargo, no fue hasta 1930 que surgió el término Aerobiología, por los aportes científicos de Fred C. Meier. Esta ciencia incluyó los estudios sobre partículas biológicas que son transportadas pasivamente por el viento. Posteriormente Pathirane en 1975 consideró el estudio de la liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia atmosférica de polen, esporas y otros microorganismos aerovagantes. (Sánchez & Almaguer, 2014).

A lo largo del siglo XX el interés por la Microbiología del aire ha sido variable alternándose épocas de entusiasmo con otras de escepticismo. (De la Rosa et al, 2002). Actualmente se incluye también dentro de esta ciencia el estudio de las partículas y gases que pueden incidir sobre los organismos vivos. Atendiendo a la naturaleza de los bioaerosoles, se definen diferentes campos dentro de esta disciplina, siendo uno de ellos la Aeromicrobiología, que estudia los microorganismos transportados por el aire. (Sánchez & Almaguer, 2014).

Investigaciones previas

“Actualmente se considera que las esporas de hongos son la tercera causa más frecuente de patología alérgica después de los ácaros y los pólenes, entre el 3-10 % de adultos y niños en el mundo son afectados por los hongos. Estos representan el grupo más numeroso dentro de la variedad de microorganismos presentes en la atmósfera, contándose hasta cientos de miles en el aire”. (Rocha et al, 2020).

En nuestro país se han realizado algunas investigaciones:

Umaña (1987), realizó un análisis cualitativo, cuantitativo y comparativo de las especies fúngicas presentes al interior de casas y edificios del área de San Salvador.

Esquivel (1988), realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la biblioteca nacional.

Menjívar (1993), realizó un análisis comparativo de la aeromicología de los hospitales Rosales y el hospital Neumológico de los Planes de Renderos.

Parada (1996), estudió la aeromicología de los hospitales San Juan de Dios y centro médico de Oriente, en San Miguel.

Quintanilla & Rivera (2003), demostraron la presencia de 12 especies de microhongos del aire en el interior de las bibliotecas de la sede central de la Universidad de El Salvador y cómo se relacionaban con algunos padecimientos de salud presentados por los trabajadores en dichas áreas.

Vásquez (2007). Aisló de las semillas de nacazcol *Caesalpinia coriaria*, un hongo del género *Aspergillus* sp, que incide en las infecciones respiratorias agudas de los habitantes que manipulan la semilla durante el teñido de pieles y vasijas, impactando su salud al lesionar los tejidos pulmonares.

Díaz & Somoza (2011). Investigaron Neumopatías Fúngicas en la población de usuarios con VIH/SIDA que consultaron en la Micro Red Intermunicipal de Berlín, Usulután, en sus resultados obtuvieron que de los 23 (100 %) de usuarios con VIH/SIDA que consultaron por problemas respiratorios, 11 (47.84%) resultaron positivos a los hongos *Candida albicans* y *Aspergillus fumigatus*. Concluyeron que el sexo, edad y ocupación son factores relacionados con el apareamiento de las Neumopatías Fúngicas que por no realizar un adecuado diagnóstico y tratamiento según el protocolo del programa de VIH/SIDA complica las condiciones de vida y predispone al fallecimiento temprano de los usuarios.

Fundamentos Teóricos

El aire

El aire es una mezcla de gases que componen la atmósfera terrestre, es la capa de gases (atmósfera) que envuelve a nuestro planeta, haciendo posible la vida, el aire no tiene un volumen definido, es sensible a la temperatura, insípido, transparente, inodoro e incoloro. (Comisión Nacional de Áreas Protegidas, 2018).

Composición del aire

La atmósfera terrestre es un sistema sumamente complejo y variable, en cuanto a su composición, a partir de 1947 se acepta convencionalmente la composición siguiente a nivel del mar: Nitrógeno (78%), Oxígeno (20.94%), Argón (0.93%), Dióxido de carbono (0.033%) y en pequeñas cantidades Helio, Metano, Criptón, Óxido Nitroso, Hidrogeno, Xenón y Ozono que, en conjunto, representan menos del 0.01% del volumen total. (Katz, 2011).

Microbiota aérea

El aire no posee una microbiota autóctona, debido a su variada composición, sus condiciones no son favorables para el desarrollo y permanencia de los microorganismos, sin embargo, en el aire podemos encontrar bacterias, virus y hongos que son arrastrados por las corrientes de aire, desde diferentes ambientes naturales o de otros organismos, sirviendo, así como medio de dispersión, siendo los microhongos los predominantes y más diversos (De la Rosa et al, 2002; Borrego et al, 2011; Sánchez & Almaguer, 2014; Méndez et al, 2015; Álvarez et al, 2017).

Bioaerosoles

Los bioaerosoles son microorganismo u otras partículas que se encuentran suspendidas en el aire y que han sido originadas por un ser vivo. Cuentan con un diámetro menor a 100 μm , principalmente se presentan bacterias y hongos, así como polen y esporas, los bioaerosoles son asociados a la contaminación del aire y a padecimientos respiratorios debido a sus altas concentraciones y a que el aire inspirado puede transportar organismos patógenos de un sitio a otro. (Alija, 2017, Lanza et al, 2018; Miranda et al, 2020).

Contaminación del aire

Se da cuando en la atmósfera están presentes sustancias, partículas o microorganismos en suspensión (bio aerosoles) que no son comunes en su composición y que además representen un peligro para la salud de los seres vivos. (Moreno & Paxton, 2014).

Los principales contaminantes del aire son: el material particulado fino, Óxidos de azufre, monóxido de carbono, Ozono, Óxidos de Nitrógeno y el plomo. También se encuentran virus, bacterias y hongos en gran cantidad. (Cruz & Jiménez, 2006).

La gestión de la contaminación atmosférica pretende la eliminación, o la reducción hasta niveles aceptables, de aquellos agentes (gases, partículas en suspensión, elementos físicos y hasta cierto punto agentes biológicos) cuya presencia en la atmósfera puede ocasionar efectos adversos en la salud de las personas. (Schwela & Goelzer, sf).

Contaminación del aire interior

La denominación de aire interior se usa en ambientes de interior no industriales, como edificios públicos y viviendas particulares. (Ballesteros & Daponte, 2011; Guardino, 2012).

Entre los principales contaminantes del aire interior están: el monóxido de carbono, gases como el radón, material particulado y diferentes microorganismos como las bacterias y los hongos los cuales se relacionan con cuadros de rinitis alérgica y asma bronquial. A pesar de la constante exposición a los mohos, no suelen presentarse padecimientos de salud, pero en algunos casos, cuando se trata de personas alérgicas o inmunodeficientes, la inhalación de un número suficiente de esporas de moho puede desencadenar síntomas como sequedad y escozor en ojos, nariz y garganta e incluso producir asma, rinitis o bronquitis (Bulacio et al, 2009; Molina, 2015).

La contaminación al interior se ve influenciada por las corrientes de aire que provienen del exterior y por las actividades cotidianas principalmente en edificaciones públicas, siendo predominantes los géneros *Cladosporium*, seguido de *Alternaria*, *Penicillium* y *Aspergillus*. (Daza et al, 2015).

Calidad del aire

Es el estimado del nivel de concentración de un contaminante al cual están expuestos los seres humanos y animales durante un tiempo promedio determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente, la vigilancia de la calidad del aire es necesaria para lograr avances significativos en la conservación de la pureza ambiental, estableciendo límites tolerables de contaminación. (Moreno & Paxton, 2014).

Normativa de calidad del aire en El Salvador

En el año 2002, se decretó el Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental en El Salvador; su capítulo III; calidad del aire, en la sección I, Emisiones por fuentes fijas o estacionarias, parámetros mínimos, el artículo 9 establece:

“La norma de calidad de aire ambiente establecerá los límites máximos permisibles que deberán aplicarse para los contaminantes del aire, para garantizar la salud humana y el medio ambiente, los cuales nunca podrán superar los límites de valores permisibles de la calidad del aire ambiente siguientes:” (MARN, 2002). Ver en anexo 1 los valores máximos permisibles de los contaminantes del aire en El Salvador de acuerdo al MARN.

Dentro de la literatura nacional consultada de normativas de calidad de aire o calidad microbiológica no se encuentra una que haga referencia específicamente a hongos o unidades formadoras de colonias UFC/m³. A pesar de que las esporas de los microhongos se encuentran entre las partículas inhalables.

Estándares de concentración de hongos en el aire recomendados por la Organización Mundial de la Salud.

En la literatura mundial no existe un consenso sobre el número de UFC/m³ de aire que es normal en el ambiente tanto intra como extra hospitalario. (SAMPSP, 2016). Sin embargo, la OMS establece los estándares de concentración de UFC/m³ de hongos según el documento de las Comunidades Europeas de 1993, (Cost Project 613 Report n° 12, citado por Araujo, 2020). Revisar anexo 2.

Reino Fungi

El reino Fungi fue propuesto por Robert Whittaker en el año 1969, agregando un quinto reino, el reino de los hongos a los establecidos previamente, de esta forma separó a estos organismos de las especies vegetales, debido principalmente a su carencia de pigmentos fotosintéticos. (Alexopoulos & Mims, 1985; Vargas & Zardoya, 2012; Vargas & Villazante, 2014; Estrada & Ramírez, 2019; Pachés & Aguas, 2019).

Generalidades de los hongos

Los hongos son organismos eucariotas, unicelulares o multicelulares, heterótrofos, con una alta capacidad de adaptación a diferentes ambientes, cumplen una función vital en el ambiente, como “recicladores” de materia orgánica, ya que son los encargados de degradarla y reincorporar los nutrientes en la red trófica. (Alexopoulos & Mims, 1985, Esquivel, 2019).

Anatomía y morfología de los hongos

Los hongos están conformados por filamentos microscópicos que reciben el nombre de hifas, en conjunto forman el cuerpo vegetativo subterráneo llamado micelio, sus células (filamentos) tienen una pared de quitina. A partir del micelio puede formarse el cuerpo fructífero del hongo, este es visible, generalmente recibe el nombre de seta y cumple con una función reproductora. (Audesirk et al., 2013; Solomon et al, 2013).

Mecanismos de reproducción

Los hongos se reproducen principalmente por esporas, pueden reproducirse de manera sexual mediante la fusión de hifas monocarióticas de dos cepas compatibles, formando el cuerpo fructífero donde se producirán esporas de reproducción sexual.

La reproducción asexual se da por medio de esporas producidas en estructuras llamadas conidióforos de un micelio haploide, también puede darse por medio de fragmentación de hifas, fisión celular y gemación, la reproducción asexual permite la rápida propagación de estos organismos. (Herrera 2005; Estrada & Ramírez 2019).

Nutrición

Estos organismos requieren de macro elementos (O, H, C, N, S y P) y micro elementos (Fe, Se, Zn, Cu, lípidos, vitaminas y carbohidratos) esenciales para su desarrollo (Navarro, 2013; Esquivel, 2019).

Los hongos son organismos heterótrofos que se alimentan mediante la absorción, secretan enzimas para realizar una digestión externa y posteriormente incorporan los nutrientes hacia el interior de las células (Caridad et al, 2012).

Clasificación de los hongos según su forma de nutrición

Saprófitos o saprobios: Obtienen sus nutrientes mediante la descomposición de organismos muertos y son los principales responsables del reciclaje de los componentes vegetales. (Morales, 2011; Estrada & Ramírez 2019).

Parásitos: Estos hongos viven a expensas de otros seres vivos, animales, vegetales u otros hongos, de acuerdo a las condiciones y disponibilidad de alimento, algunos hongos saprófitos pueden actuar como parásitos o viceversa. (Morales, 2011; Martínez 2021).

Simbiontes: Son aquellos hongos capaces de establecer relaciones mutualistas con otros organismos (simbiosis), ambos se benefician; el hongo nutricionalmente y el otro organismo de formas variadas, acá se encuentran las asociaciones hongo-planta (micorrizas) y hongo-alga (Hongos liquenizados). (Esquivel 2019).

Clasificación taxonómica de los hongos

De acuerdo a Estrada & Ramírez (2019), los hongos se clasifican de la siguiente manera:

Hongos verdaderos o perfectos, aquellos que presenten una fase sexual, a este grupo pertenecen las divisiones:

- Chytridiomycota: Hongos microscópicos acuáticos, parásitos o saprófitos, se consideran los más primitivos debido a que conservan esporas móviles.
- Zygomycota: Hongos microscópicos, poseen hifas cenocíticas, caracterizados por formar esporas de resistencia.

- Glomeromycota: Hongos formadores de micorrizas, anteriormente pertenecientes a la división Zygomycota.
- Ascomycota: Hongos pluricelulares de micelio septado, forman carpóforos de formas variadas que contienen sus estructuras reproductoras sexuales llamadas ascas, también pueden ser unicelulares (levaduras).
- Basidiomycota: Hongos pluricelulares de micelio septado, forman carpóforos que contienen sus estructuras reproductoras sexuales llamados basidios, también pueden ser unicelulares como las royas, considerado el grupo más evolucionado.

A estos se suman los hongos imperfectos de la división Deuteromycota: Microhongos que se reproducen de manera asexual, su fase sexual aún no ha sido encontrada, generalmente al observarse la fase sexual, pertenecen al Phylum Ascomycota o Basidiomycota. (Estrada & Ramírez, 2019).

Microhongos

Mohos

Los hongos filamentosos, también llamados mohos, no forman un grupo taxonómico o filogenético, sino se encuentran ubicados en las divisiones Ascomycota y Zygomycota principalmente, aunque también están presentes algunos Basidiomycota. Los mohos pertenecientes a las divisiones Ascomycota y Basidiomycota son aquellos hongos de los cuales no se conoce fase sexual y razón por la cual se ven agrupados como Deuteromicetes, hasta que presenten una fase sexual. (Morales, 2011; Kuhar et al, 2013).

Los mohos crecen en forma de filamentos multicelulares (hifas). Un conjunto de hifas interconectadas con varios núcleos idénticos se denomina micelio. Aunque los mohos crecen en la materia orgánica en la naturaleza, su presencia sólo se puede percibir cuando se han formado colonias visibles a simple vista. (Morales, 2011).

Algunos mohos atacan cultivos y plantas ornamentales, otros causan podredumbre en alimentos o productos básicos utilizados para la elaboración de alimentos, juegan un papel importante en la biodegradación natural de materia orgánica y son utilizados en la producción de alimentos, bebidas y antibióticos. Existen millares de especies de mohos conocidas, incluyendo mohos patógenos (oportunistas o no), saprófitos, especies acuáticas, termófilas, etc. (Morales, 2011; Estrada & Ramírez, 2019).

Levaduras

Son un grupo bastante heterogéneo de hongos microscópicos unicelulares que se multiplican por gemación, poseen morfología esférica o elíptica y miden de 3-10 µm de longitud. Muchas levaduras pueden producir hifas y pseudohifas. (Morales, 2011; Kuhar et al, 2013).

Factores físico-químicos que determinan el crecimiento de los microhongos.

De acuerdo a Gimeno (2002) y Esquivel (2019), el crecimiento, desarrollo y proliferación de los hongos puede ser influenciados por diferentes factores como:

- **Humedad:** La cantidad de agua disponible en el ambiente es un factor condicionante para el desarrollo de los hongos, un valor aproximado de 13% de humedad presenta un crecimiento y proliferación fúngica baja, a medida que la humedad aumenta el crecimiento se acelera.
- **Temperatura:** La temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre los 25 y 30°C, llegando a máximos de entre 40 a 45°C, sin embargo, algunas especies de *Aspergillus* se desarrollan sin problemas por sobre los 55°C y otras especies de *Penicillium* crecen por debajo de los 0°C.
- **pH:** Se desarrollan en un amplio rango entre los 2.5 a 7.5, teniendo un mejor crecimiento entre los 5 y 6.
- **Oxígeno:** Gran mayoría de los hongos son aerobios, por esta razón la disponibilidad de oxígeno es importante para su crecimiento.
- **Nutrientes:** Macro elementos (O, H, C, N, S y P) y micro elementos (Fe, Se, Zn, Cu, lípidos, vitaminas y carbohidratos) existentes en el sustrato en que se desarrollan.

Dinámica fúngica en el aire exterior.

Los microhongos liberan sus esporas en las corrientes de aire, que pueden movilizarlas a grandes distancias con respecto a su lugar de origen, se conoce que la concentración fúngica atmosférica tiende a ser mayor en regiones templadas y tropicales que en latitudes altas y desiertos, donde la colonización fúngica está limitada por las condiciones climáticas adversas. (Garcés et al, 2003; Sánchez & Almaguer, 2014).

La concentración de esporas en el aire varía de acuerdo al tipo de vegetación, acción de otros seres vivos, clima, y otros factores entre 200 a más de 2 millones/m³. (Sánchez & Almaguer, 2014).

En países de clima tropical durante la mayor parte de año la temperatura varía entre 25 y 30 °C, y la humedad relativa se mantiene por encima del 70 %, estas son condiciones aptas para el desarrollo fúngico. (De la Rosa et al, 2002; Sánchez & Almaguer, 2014).

Dinámica fúngica en el aire interior.

Los microhongos también están presentes en ambientes internos, se sabe que las corrientes de aire transportan las esporas o estructuras fúngicas hacia dentro de edificios o casas de habitación, en donde estos organismos obtienen sus nutrientes de papel, pintura, el suelo, alimentos y otros, sirviéndoles estos sitios como lugares de amplificación para su crecimiento, cuando se presenta una alta humedad, las esporas pueden germinar y el hongo puede crecer produciendo miles de nuevas esporas. (Aira et al, 2006; Borrego et al, 2011; Herrera et al, 2015).

Incluso en los ambientes limpios se registran concentraciones de hasta 25 esporas/m³. Dichas esporas provienen del exterior y penetran a través de los sistemas de ventilación o son liberados por los hongos que crecen in situ sobre diversos sustratos. Aunque no existe una norma internacional que indique cuando un ambiente está contaminado o no, algunos autores sugieren que un ambiente puede considerarse contaminado si tiene más de 1000 esporas/m³ (Sánchez & Almaguer, 2014).

Presencia de microhongos en el interior de edificios públicos y viviendas.

Los microhongos se encuentran presentes en todos los hogares y edificios públicos debido a que sus esporas son dispersadas por el aire, en el interior de estos, factores como una mala ventilación y elevada humedad permiten su desarrollo, presentándose mayormente en baños y cocinas. Debido a la susceptibilidad que estos poseen de contaminación microbiana. Los sistemas mecánicos de ventilación y aire acondicionado sirven como reservorios o lugares de multiplicación microbiana (Gómez et al, 2011; Molina, 2015).

No es posible ni garantizado eliminar la presencia de todas las esporas y fragmentos de hongos en un ambiente interior; sin embargo, el crecimiento de moho en interiores puede y debe ser prevenido y eliminado en caso de estar presente. (New York City Department of Health and Mental Hygiene (NYC DOHMH), 2008).

En el 1993, el Departamento de Salud y Salud Mental de la Ciudad de Nueva York (NYC DOHMH) publicó por primera vez recomendaciones para tratar el crecimiento de moho en interiores, iniciando con una etapa de inspección visual que permita identificar material afectado por moho, una evaluación para determinar la factibilidad de realizar labores de reparación y limpieza o eliminación de los materiales afectados, además del mantenimiento de las unidades de calefacción y aire acondicionado. (NYC DOHMH, 2008).

Enfermedades relacionadas a los microhongos.

Los propágulos fúngicos presentes en el aire pueden ser inhalados y causar micosis sistémicas oportunistas y endémicas, estas son micosis producidas por hongos saprófitos o saprobios que, en condiciones normales, no generan enfermedad a humanos o animales. (Sánchez & Almaguer, 2014; Bonifaz, 2015).

Varias especies de los géneros *Aspergillus* y *Fusarium*, sobresalen dentro de los agentes causales de las micosis sistémicas oportunistas. De todas las especies que comprende el género *Aspergillus*, unas 20 se reconocen como patógenas humanas., destaca *Aspergillus fumigatus*, por el pequeño tamaño de sus conidios, que permite su aspiración y penetración al tracto respiratorio. (Sánchez & Almaguer, 2014; Bonifaz, 2015).

Las micosis por hongos patógenos oportunistas, dependiendo del factor de predisposición y del agente etiológico, son capaces de presentarse y provocar enfermedades de todo tipo y a todos los niveles, es decir, superficiales, subcutáneas, profundas y sistémicas o generalizadas. (Sánchez & Almaguer, 2014; Bonifaz, 2015).

Diversas especies del género *Fusarium* causan infecciones en humanos (fusariosis) que pueden manifestarse de maneras locales o asociadas a dispositivos, localmente invasivas o diseminadas. Este es un género ubicuo, debido a su capacidad de crecer en una amplia gama de sustratos y a sus mecanismos eficientes para la dispersión. Se considera saprófito del suelo y tiene como puertas de entrada la piel, las uñas, la vía aérea, el sistema gastrointestinal y los ojos. Las especies reportadas con mayor frecuencia en dichas infecciones son: *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium moniliforme*. (Sánchez & Almaguer, 2014).

Cladosporium, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Epicoccum*, *Rhizopus* y *Mucor*, son otros de los géneros que provocan enfermedades, la mayoría de los hongos que causan enfermedades entran por las vías respiratorias. (Bonifaz, 2015).

Aspergillus, uno de los géneros de hongos más abundantes en todos los ambientes y encontrado en la gran mayoría de estudios aeromicológicos, generalmente es saprófito, sin embargo, en las condiciones adecuadas puede comportarse de manera oportunista, llegando a causar graves infecciones; la aspergilosis broncopulmonar alérgica (ABPA) afectando a entre 1 y 15 % de los pacientes con fibrosis quística. Un estudio calculó que el 2.5 % de los adultos con asma también tiene ABPA, lo cual equivale aproximadamente a 4.8 millones de personas en todo el mundo. De estos 4.8 millones de personas que tienen ABPA, aproximadamente 400 000 también presenta aspergilosis pulmonar crónica (APC).

Asimismo, se estima que una cantidad adicional de 1.2 millones de personas presenta APC después de haber tenido tuberculosis. (Bonifaz, 2015; CDC, 2019).

Otras enfermedades como la blastomycosis, la histoplasmosis y coccidiomycosis son parte de las enfermedades causadas por hongos que los centros para el control y la prevención de enfermedades de los Estados Unidos mantienen monitoreada, todas ellas pueden adquirirse desde el ambiente por medio de las vías respiratorias. (CDC, s.f.).

La coccidiomycosis afecta piel, tejido celular subcutáneo, ganglios linfáticos, huesos, articulaciones, vísceras y sistema nervioso central, provocadas por las especies *Coccidioides immitis* y *Coccidioides posadasii*. En el 95% de los casos el hongo entra mediante las vías respiratorias. Algunas especies de levaduras del género *Candida*, como *C. albicans* llegan a encontrarse hasta en el 50% de pacientes con tuberculosis pulmonar, y el 25% de pacientes hospitalizados, pudiendo provocar candidosis pulmonar y candidosis bronco pulmonar. (Bonifaz, 2015).

Métodos y Técnicas para el estudio de microhongos del aire

Medios de cultivo para microorganismos.

Con el fin de estudiar los microhongos, en el laboratorio se preparan los medios de cultivo; mezclas de nutrientes y factores de crecimiento, que en las concentraciones adecuadas y óptimas condiciones físicas (pH, temperatura, humedad y oxígeno), permiten su desarrollo.

Los medios pueden ser naturales si consisten únicamente en materia vegetal, o sintéticos los cuales tienen una composición química definida. (Esquivel, 2019).

Generalmente los laboratorios preparan los medios de cultivo necesarios a partir de productos secos o deshidratados de marcas comerciales. Todos los medios de cultivo empleados para el estudio de hongos se deben esterilizar antes de emplearlos y normalmente se les adiciona una sustancia solidificante como el agar. (Navarro, 2013; Estrada & Ramírez, 2019).

Los medios de cultivo para un crecimiento óptimo de los microorganismos deben de contener como mínimo: Carbono, Nitrógeno, Azufre, Fósforo, sales inorgánicas (estas suplen los iones de K, Mg, Fe, Ca, etc.). Los nutrientes por lo general son aportados por extractos de malta, peptona, papa, extracto de levadura. (Esquivel, 2019).

Según Barrero (2016) y Rodríguez & Zhurbenko (2018), la microbiología de diagnóstico clasifica los medios de cultivo de acuerdo a su utilidad en:

- **Nutritivos:** Permiten el crecimiento de la mayoría de los microorganismos, por ser muy generales.
- **De enriquecimiento:** Por lo general son medios líquidos o semisólidos, contienen sustancias adicionales a las básicas que estimulan el crecimiento de microorganismos que no crecerían en un medio general.
- **Selectivos:** En su mayoría son sólidos, presentan algún componente que impide el desarrollo de microorganismos no deseados, permitiendo que el microorganismo que se desea cultivar lo haga con mayor facilidad.
- **Diferenciales.** Contienen sustancias que ponen de manifiesto alguna característica de la especie o grupo de microorganismos.

Medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA).

Es un medio nutritivo, generalista de los más utilizados debido a que permite el crecimiento de variedad de microorganismos y es económicamente más accesible, se le agrega un antibiótico para inhibir el crecimiento de bacterias. (Esquivel 2019).

Método gravimétrico o de sedimentación pasiva.

El método de sedimentación pasiva propuesto por Omeliansky, también llamado gravimétrico, consiste en exponer cajas Petri con medio de cultivo abiertas en el lugar donde se requiere tomar la muestra a una altura mayor a 1.3 metros, durante un periodo de tiempo de 10, 15, 20, 30 minutos o una hora, en este periodo de tiempo las partículas del aire se sedimentan sobre la caja Petri por acción de la gravedad, transcurrido el tiempo estas son selladas y transportadas al lugar donde se incubarán. Este método es uno de los más sencillos y económicos por lo que también es uno de los más utilizados para estudios primarios, permite caracterizar el aire, su desventaja radica en que no determina el volumen de aire del cual se aíslan las partículas. (Awad & Mawla, 2012; Rodríguez, et al, 2014; Rodríguez, 2016; Cepeda et al, 2019; Esquivel, 2019; Lanchipa et al, 2019; Araujo, 2020).

La toma de muestras se realiza en horas de la mañana debido a la periodicidad diurna de las esporas fúngicas, madurando de noche y listas para ser liberadas en el día. (Pady et al, 1964; Pathak & Pady, 1965, citado por Esquivel, 1988).

Identificación de los microhongos.

El proceso de identificación de un hongo se realiza a través del uso de claves dicotómicas, las cuales son diseñadas por expertos en micología, las mismas tienen en cuenta los caracteres macro y micro morfológicos de un hongo cultivado bajo un conjunto estándar de condiciones. El estudio de las características encontradas permite diferenciar e identificar el género y la especie del hongo analizado. (Panica et al, 2015).

Montaje por disección.

Una de las técnicas más utilizadas, consiste en tomar una muestra de la colonia con una aguja de disección, colocarla sobre una gota de lactofenol en el portaobjeto, extenderla, cubrir con el cubreobjetos y observar a 40x, esta técnica no requiere calentamiento, solo dejar reposar la muestra durante unos minutos a temperatura ambiente. (Herrera 2005; Arias & Piñeros 2008).

METODOLOGÍA

Ubicación Geográfica del sitio de estudio.

El complejo Educativo “Dr. Humberto Romero Alvergue” se encuentra ubicado en el municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, El Salvador. (Figura 1). Sus coordenadas son Latitud: 13.719183, Longitud: -89.204826, con una elevación aproximada entre los 600 a los 700 msnm. (Google Maps, 2022; topographic-map.com, s.f.).



Figura 1. Ubicación del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue.

Fuente: Google Maps (2022).

El municipio de San Salvador presenta temperaturas que oscilan entre los 17 °C a 31 °C, con una mínima de 15 °C y una máxima de 33 °C, la precipitación media anual es de 1823 mm. (Weather Spark, 2016).



Figura 2. Croquis del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue.

Elaboración Propia. Sketch Up.

Metodología de Campo

Para el estudio de los hongos del aire en el interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, se realizaron 10 muestreos en el periodo comprendido entre los meses de junio a octubre de 2022.

Se establecieron 18 puntos de muestreo dentro del Complejo Educativo (Figura 3). En cada punto de muestreo se expuso una caja Petri a una altura de aproximadamente 1.50 m, durante 10 minutos, en un horario de 8:30 a.m. a 11:45 a.m.; debido a la periodicidad diurna de las esporas fúngicas.

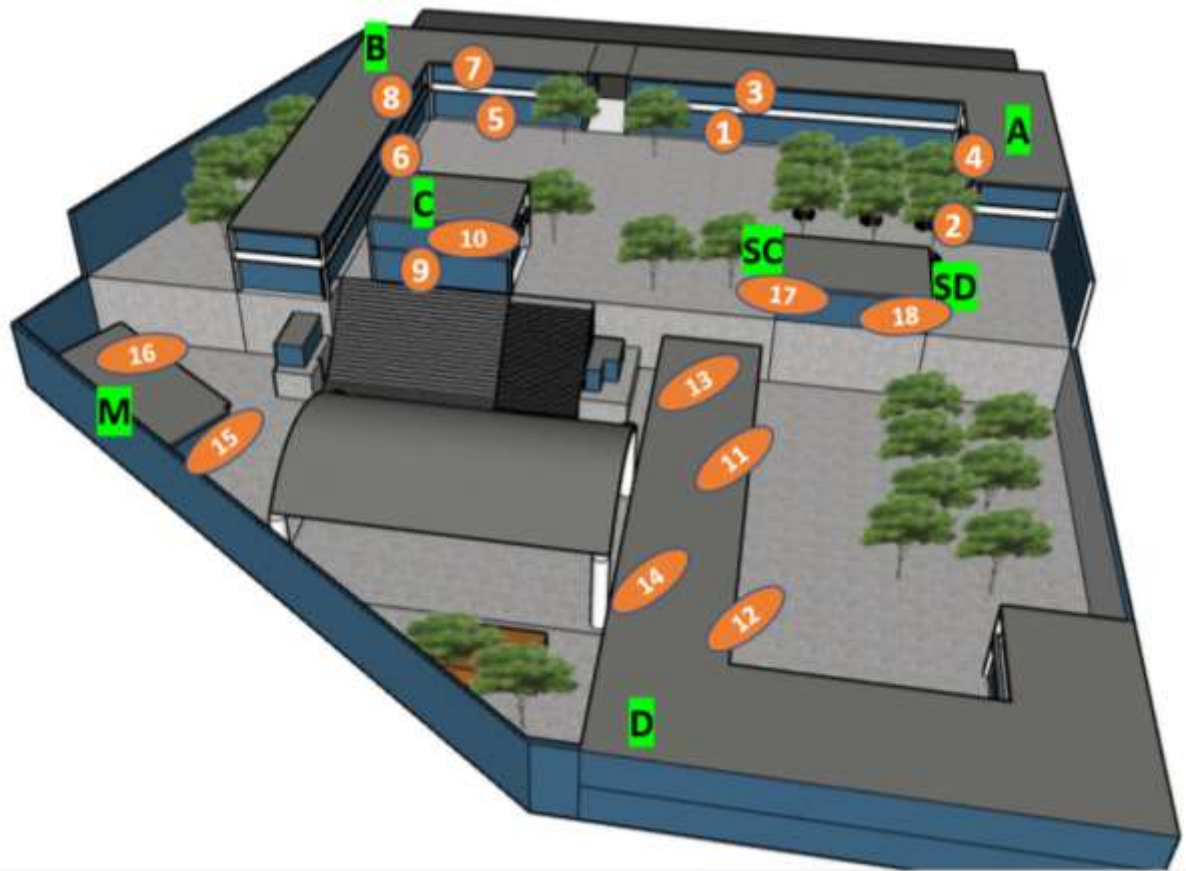


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo en el Complejo Educativo.

Elaboración Propia. Sketch Up.

Las muestras obtenidas se sellaban con plástico adhesivo y se rotulaban con un plumón de punta fina de acuerdo a un código (Cuadro 1), finalmente las muestras se trasladaban en herméticos plásticos hasta el Laboratorio de Micología de la Escuela de Biología, donde se incubaron a temperatura ambiente durante 5 días aproximadamente.

Cuadro 1. Sitios de muestreo en el Complejo Educativo “Dr. Humberto Romero Alvergue”, San Salvador, El Salvador de junio a octubre del 2022.

No. Punto de muestreo	Edificio	Sitios de muestreo	Código de la muestra
1	Edificio A	Aula 1 (Primera Planta)	A1
2		Aula 2 (Primera Planta)	A2
3		Aula 3 (Segunda Planta)	A3
4		Aula 4 (Segunda Planta)	A4
5	Edificio B	Laboratorio de Ciencias (Primera Planta)	LB
6		Aula 1 (Primera Planta)	B1
7		Aula 2 (Segunda Planta)	B2
8		Aula 3 (Segunda Planta)	B3
9	Edificio C	Aula 1 (Primera Planta)	C1
10		Sala de Reuniones (Segunda Planta)	SR
11	Edificio D	Aula 1 (Primera Planta)	D1
12		Aula 2 (Primera Planta)	D2
13		Aula 3 (Segunda Planta)	D3
14		Aula 4 (Segunda Planta)	D4
15	Módulos	Aula 1	M1
16		Aula 2	M2
17	Subdirección	Subdirección	SD
18	Secretaría	Secretaría	SC

Durante el proceso de trabajo de campo se recopiló la información de las condiciones ambientales de temperatura y precipitación registrados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) Ver en anexo 2. Para todo el proceso, se llevó un registro fotográfico.

Metodología de Laboratorio

El trabajo en el laboratorio se dividió en dos fases:

Preparación del medio de cultivo.

Para el estudio de los microhongos del aire se utilizó el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), debido a que es un medio nutritivo generalista y económico, este se combinó con agar-agar para obtener una mejor consistencia y un antibiótico (amoxicilina) que evitó el crecimiento de bacterias, el medio fue esterilizado junto a las cajas Petri en autoclave mediante el método de calor latente a 121°C y 15 libras de presión durante 20 minutos, este proceso se llevó a cabo en el laboratorio de micología de la Escuela de Biología, Universidad de El Salvador.

Posteriormente el vertido de los medios de cultivo en las cajas Petri se realizó bajo las condiciones de higiene necesarias, utilizando una cámara de flujo laminar elaborada de manera artesanal y mecheros para evitar contaminación.

Finalmente se rotularon las cajas Petri con las iniciales del medio de cultivo (PDA) y la fecha de elaboración y se dejaron en refrigeración hasta el día de muestreo.

Identificación de los microhongos.

Después del período de incubación de 5 días y al evidenciar el desarrollo de las colonias fúngicas, se realizó la identificación de los microhongos.

Las colonias de microhongos se observaron y describieron de manera macroscópica, se realizó un conteo de colonias y con la ayuda del microscopio estereoscópico; se determinó la morfología, color y textura de estas.

Se realizaron preparaciones al fresco de la parte más externa de las colonias; para identificar estructuras sexuales (conidióforos o esporangióforos), de ser necesario se realizó la inoculación de algunos especímenes y la tinción de algunas preparaciones con azul de metileno.

La identificación taxonómica de los microhongos se realizó utilizando las guías de Apuntes Básicos de micología; Géneros comunes de micromicetos en cultivo y el libro Illustrated Genera of imperfect Fungi, todo el proceso con la asesoría de la M.Sc. Esquivel.

Análisis de Datos.

Los resultados del estudio se registraron en cuadros, se obtuvo el número de colonias y se determinaron las especies de los microhongos del aire, encontrados en el interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, así como su Densidad Relativa (D.R.%) y la Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%), se calculó también su concentración en unidades formadoras de colonias por metro cúbico (UFC/m³).

Con base a estudios previos, se determinó la presencia de especies perjudiciales para los seres humanos u otros organismos que puedan estar presentes en el sitio de estudio.

Los valores estadísticos usados fueron la Densidad Relativa (D.R.%) y la Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de las especies fúngicas encontradas. Se calcularon con las siguientes formulas. (Arias, 1982, citado en Herrera 2005).

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

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

La determinación de las unidades formadoras de colonias se realizó de acuerdo a la fórmula de Omeliansky. (Rodríguez, 2016).

Fórmula: $N = 5a \cdot 10^4 (b \cdot t)^{-1}$

Donde: N- concentración microbiana en ufc.m⁻³
a=número de colonias por placa Petri,
b= es la superficie de la placa ($r^2 \times \pi$) expresada en cm²
t=tiempo de exposición en minutos.

Para la determinación de niveles de contaminación, los valores UFC/m³ obtenidos, fueron comparados con los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Cuadro 2). (OMS,2019).

Cuadro 2. Estándares de concentración de hongos en el aire UFC/m³ establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Nivel de Contaminación	Concentración de Hongos UFC / m ³ en el aire
Muy Baja	< 25
Baja	25-100
Intermedia	100-500
Alta	500-2000
Muy Alta	>2000

Fuente: Araujo, 2020.

RESULTADOS

Como resultado de los muestreos realizados al interior del Complejo Educativo “Dr. Humberto Romero Alvergue”, San Salvador durante los meses de junio a octubre de 2022, se obtuvieron un total de 2,021 colonias fúngicas aisladas mediante el método de sedimentación pasiva. De este total se identificaron 44 especies diferentes de microhongos y 2 tipos de micelios estériles.

Las especies fúngicas encontradas en el estudio se clasificaron en 3 divisiones taxonómicas, 36 de estas especies pertenecen a la división Deuteromycota /Ascomycota, 4 pertenecen a la división Deuteromycota /Basidiomycota, 4 a la división Zygomycota y los 2 Micelios Estériles se clasificaron como Deuteromycota.

La mayoría de especies identificadas pertenecen a la División Deuteromycota /Ascomycota, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium* sp1, *Torulopsis* sp1 *Geotrichum* sp y *Aspergillus glaucus* fueron las especies con mayor número de colonias. En la División Deuteromycota /Basidiomycota se encontraron las especies *Rhizoctonia* sp1, *Rhizoctonia* sp2, *Rhodotorula* sp y *Trichosporon* sp, en la división Zygomycota se identificaron *Choanephora* sp, *Mortierella* sp, *Mucor* sp y *Rhizopus* sp (Ver anexo 3), con un menor número de colonias, mientras que una gran cantidad fueron clasificadas como Micelios Estériles Hialinos y Pigmentados por no presentar estructuras reproductoras.

En el Cuadro 3 se presenta el número total de colonias fúngicas encontradas en este estudio. En general la especie fúngica con mayor cantidad de colonias fue *Cladosporium herbarum* (415 colonias) con una D.R = 20.53% y una F.O = 100%, seguida de *Penicillium* sp1(153 colonias) con una D.R = 7.57%, *Torulopsis* sp1 (83 colonias) con una D.R = 4.11%, ambas especies con F.O= 90%; *Geotrichum* sp (48 colonias) presento una D.R = 2.38% y *Aspergillus glaucus* (37 colonias) con una D.R = 1.83% ambas especies con un 80% de Frecuencia de Ocurrencia.

Los Micelios Estériles Hialinos presentaron 688 colonias y tuvieron una DR = 34.04%, mientras que los Micelios Pigmentados 357 colonias fúngicas con una DR = 17.66%, ambos con una F.O de 100%.

La mayor cantidad de colonias fúngicas se obtuvo en el muestreo número 10, con un total de 247 colonias, de las cuales 54 colonias pertenecen a *Cladosporium herbarum*, 17 colonias a *Penicillium* sp1 y 12 a *Torulopsis* sp, en cuanto a los Micelios Estériles 78 colonias se clasificaron como Hialinos, y 51 colonias como Pigmentados.

En el muestreo número 9 se presentaron un total de 238 colonias fúngicas, de estas, 71 colonias pertenecen a la especie *Cladosporium herbarum*, 18 colonias a *Penicillium* sp2 y 11 a *Torulopsis* sp, con respecto a los Micelios Estériles 71 colonias se clasificaron como Hialinos, y 36 colonias como Pigmentados.

En el muestreo número 1 se presentaron 235 colonias fúngicas, de las cuales 64 pertenecen a la especie *Cladosporium herbarum*, 29 a *Penicillium* sp1, 24 a *Aspergillus glaucus* y 24 a *Torulopsis* sp1; además se encontraron 46 colonias de Micelios Estériles Hialinos, y 16 Pigmentados.

En el muestreo número 3 se encontraron 222 colonias, de las cuales 68 pertenecen a la especie *Penicillium* sp1, 23 a *Cladosporium herbarum*, en cuanto a los Micelios Estériles 47 colonias se clasificaron como Hialinos, y 51 como Pigmentados.

En el muestreo 8 se encontraron 218 colonias, de las cuales 57 colonias pertenecen a la especie *Cladosporium herbarum*, 29 a *Penicillium* sp1, 10 a *Geotrichum* sp y 9 a *Torulopsis* sp. Con respecto a los Micelios Estériles 68 colonias se clasificaron como Hialinos, y 25 como Pigmentados.

En el muestreo 6 se reportan 214 colonias, de las cuales 29 pertenecen a la especie *Cladosporium herbarum*, 12 a *Geotrichum* sp y 8 a *Torulopsis* sp. Se clasificaron 101 colonias como Micelios Estériles Hialinos, y 44 como Pigmentados.

Los muestreos 2, 4, 5 y 7 presentaron un número total de colonias inferior a 200, predominando *Cladosporium herbarum* en cada uno de estos.

Cuadro 3. Número total de colonias fúngicas, Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) por muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.

División	Género	Fechas de Muestras										Σ	DR%	FO%
		30/06/22	07/07/22	14/07/22	12/08/22	19/08/22	02/09/22	09/09/22	26/09/22	30/09/22	07/10/22			
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10			
Zygomycota	<i>Choanephora</i> sp	1	0	2	0	0	0	0	2	0	2	7	0.35	40.00
	<i>Mortierella</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Mucor</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Rhizopus</i> sp	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5	0.25	50.00
Deuteromycota / Ascomycota	<i>Alternaria</i> sp	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0.10	20.00
	<i>Aspergillus clavatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3	0.15	30.00
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3	0.15	30.00
	<i>Aspergillus glaucus</i>	24	5	3	1	0	0	1	1	1	1	37	1.83	80.00
	<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0.10	10.00
	<i>Aspergillus oryzae</i>	1	0	2	0	1	0	0	0	3	2	9	0.45	50.00
	<i>Aspergillus</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Aspergillus</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Aspergillus tamaritii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Aspergillus terreus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.15	10.00
	<i>Aspergillus ustus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Aspergillus versicolor</i>	0	2	3	1	2	3	0	1	1	0	13	0.64	70.00
	<i>Aureobasidium</i> sp1	1	1	1	0	0	0	2	0	0	3	8	0.40	50.00
	<i>Aureobasidium</i> sp2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Candida</i> sp	4	2	0	1	1	1	0	3	1	1	14	0.69	80.00
	<i>Cladosporium herbarum</i>	64	30	23	25	31	29	31	57	71	54	415	20.53	100.00
	<i>Curvularia</i> sp	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	7	0.35	60.00
	<i>Fusarium</i> sp1	5	2	2	2	2	0	1	1	5	3	23	1.14	90.00
	<i>Fusarium</i> sp2	1	2	7	0	2	0	0	4	1	1	18	0.89	70.00
	<i>Geotrichum</i> sp	0	4	7	2	6	12	0	10	5	2	48	2.38	80.00
	<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.10	10.00
	<i>Gliocladium virens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	10.00
	<i>Humicola</i> sp1	7	1	0	2	1	2	3	0	1	4	21	1.04	80.00
	<i>Humicola</i> sp2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0.10	20.00
	<i>Humicola</i> sp3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0.10	20.00
	<i>Nigrospora</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.05	10.00
	<i>Oidium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0.10	20.00
	<i>Penicillium</i> sp1	29	3	68	1	3	1	0	29	2	17	153	7.57	90.00
	<i>Penicillium</i> sp2	0	0	0	1	1	2	0	0	18	0	22	1.09	40.00
	<i>Penicillium</i> sp3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.10	20.00
	<i>Torulopsis</i> sp1	24	0	1	5	3	8	10	9	11	12	83	4.11	90.00
	<i>Torulopsis</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0.10	10.00
<i>Trichothecium roseum</i>	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0.25	30.00	
<i>Verticillium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.10	10.00	
<i>Zygosporium</i> sp	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05	10.00	
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia</i> sp1	1	0	1	1	5	3	4	0	3	3	21	1.04	80.00
	<i>Rhizoctonia</i> sp2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0.10	20.00	
	<i>Rhodotorula</i> sp	4	8	1	3	0	1	2	1	3	3	26	1.29	90.00
	<i>Trichosporon</i> sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	10.00
Deuteromycota	Micelio Estéril Hialino	46	88	47	75	57	101	57	68	71	78	688	34.04	100.00
	Micelio Estéril Pigmentado	16	12	51	36	44	44	42	25	36	51	357	17.66	100.00
TOTAL		235	166	222	163	163	214	155	218	238	247	2021		

La Figura 4, muestra de forma gráfica la distribución del número total de colonias fúngicas por muestreo, realizados de junio octubre de 2022, en el cual se destaca el muestreo 10 con 247 colonias fúngicas, seguido del muestreo 9 con 238 colonias y el muestro 1 con 235 colonias. El muestreo con menor cantidad fue el número 7 con 155 colonias.

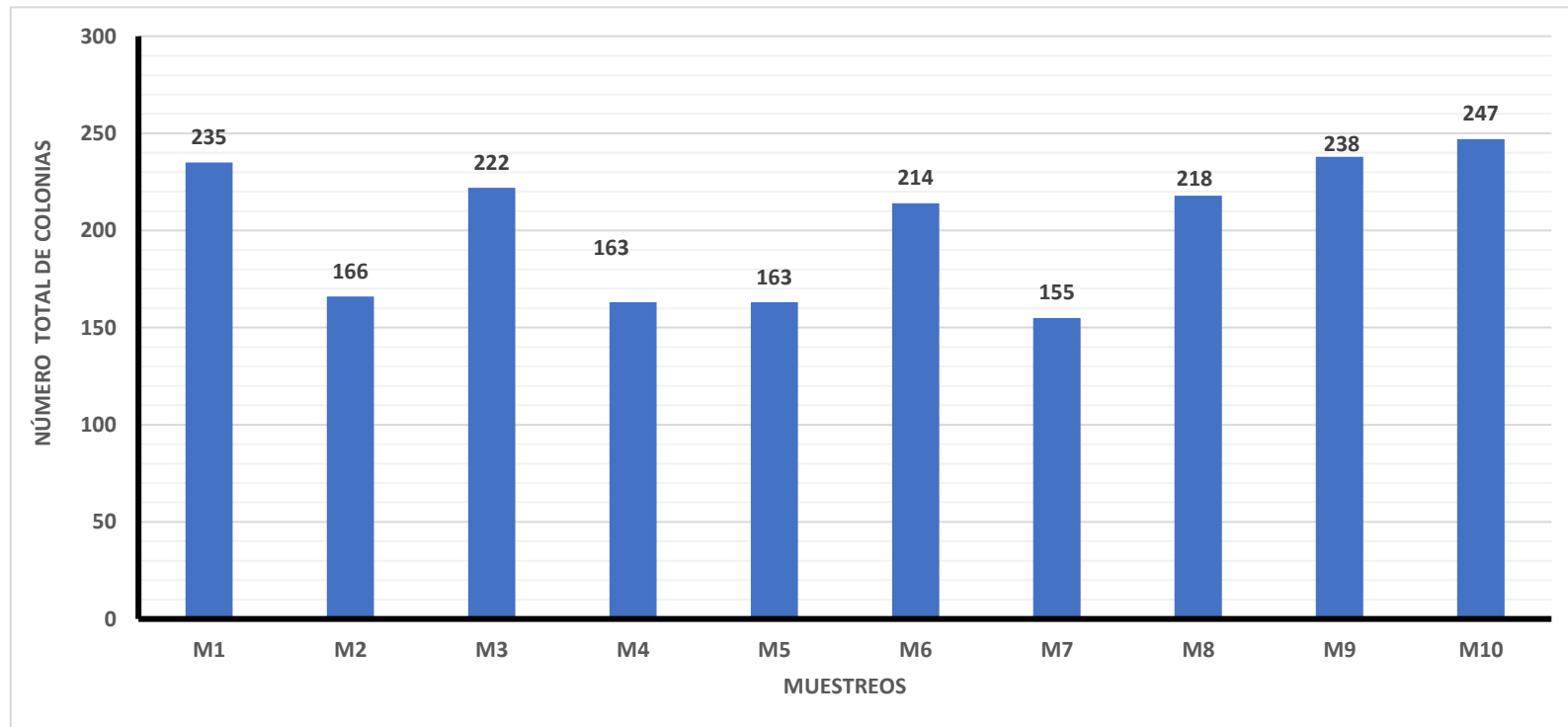


Figura 4. Número total de colonias fúngicas por muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 4, presenta el número de especies fúngicas aéreas encontradas en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, agrupadas de acuerdo a sus Divisiones Taxonómicas.

Cuadro 4. Número de especies fúngicas encontradas en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

División	Géneros	# de especies
Zygomycota	<i>Choanephora</i> sp	4
	<i>Mortierella</i> sp	
	<i>Mucor</i> sp	
	<i>Rhizopus</i> sp	
Deuteromycota / Ascomycota	<i>Alternaria</i> sp	36
	<i>Aspergillus clavatus</i>	
	<i>Aspergillus flavus</i>	
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	
	<i>Aspergillus glaucus</i>	
	<i>Aspergillus niger</i>	
	<i>Aspergillus oryzae</i>	
	<i>Aspergillus</i> sp1	
	<i>Aspergillus</i> sp2	
	<i>Aspergillus tamaritii</i>	
	<i>Aspergillus terreus</i>	
	<i>Aspergillus ustus</i>	
	<i>Aspergillus versicolor</i>	
	<i>Aureobasidium</i> sp1	
	<i>Aureobasidium</i> sp2	
	<i>Candida</i> sp	
	<i>Cladosporium herbarum</i>	
	<i>Curvularia</i> sp	
	<i>Fusarium</i> sp1	
	<i>Fusarium</i> sp2	
	<i>Geotrichum</i> sp	
	<i>Gliocladium roseum</i>	
	<i>Gliocladium virens</i>	
	<i>Humicola</i> sp1	
	<i>Humicola</i> sp2	
	<i>Humicola</i> sp3	
	<i>Nigrospora</i> sp	
	<i>Oidium</i> sp	
	<i>Penicillium</i> sp1	
	<i>Penicillium</i> sp2	
<i>Penicillium</i> sp3		
<i>Torulopsis</i> sp1		
<i>Torulopsis</i> sp2		
<i>Trichothecium roseum</i>		
<i>Verticillium</i> sp		
<i>Zygosporium</i> sp		
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia</i> sp1	4
	<i>Rhizoctonia</i> sp2	
	<i>Rhodotorula</i> sp	
	<i>Trichosporon</i> sp	
Deuteromycota	Micelio Estéril Hialino	2 M.E
	Micelio Estéril Pigmentado	
TOTAL		46

La Figura 5, muestra gráficamente el número de especies fúngicas encontradas en el Complejo Educativo, agrupadas de acuerdo a sus Divisiones Taxonómicas, se aprecia que la División Ascomycota (fase asexual) presenta la mayor cantidad de especies (36 sp), la División Zygomycota y la División Basidiomycota (fase asexual) presentan 4 especies cada una, además se presentan 2 Micelios Estériles (Hialino y Pigmentado).

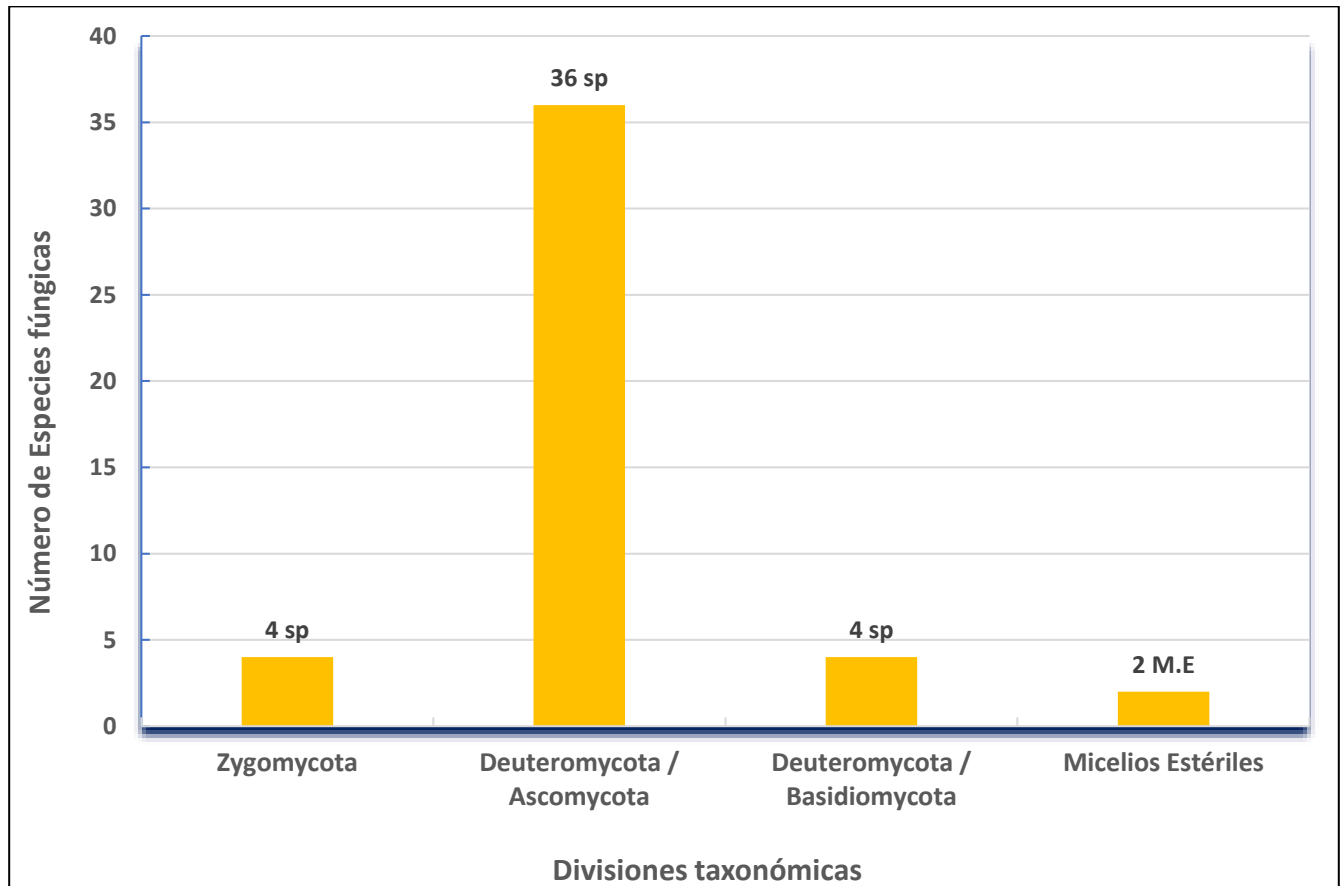


Figura 5. Número de especies fúngicas encontradas en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 5, muestra a las especies fúngicas agrupadas por rangos de Densidad Relativa (%) de acuerdo a los muestreos, donde el rango A, representa a las especies que están entre 0.05% a 0.35% (29 especies); el rango B, a las especies que están entre 0.40% a 1.83% (11 especies); el rango C, a las especies que están entre 2.38% a 20.52% (4 especies) y el rango D agrupa a los Micelios Estériles de 17.66% a 34.04%.

Cuadro 5. Especies fúngicas agrupadas en rangos de D.R. (%) de acuerdo a los muestreos, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.

Especies	D.R. (%)	Rango	D.R. (%)	No. De Especies
<i>Mortierella</i> sp	0.05	RANGO A	0.05% - 0.35%	29
<i>Mucor</i> sp	0.05			
<i>Aspergillus clavatus</i>	0.05			
<i>Aspergillus</i> sp1	0.05			
<i>Aspergillus</i> sp2	0.05			
<i>Aspergillus tamaraii</i>	0.05			
<i>Aspergillus ustus</i>	0.05			
<i>Aureobasidium</i> sp2	0.05			
<i>Gliocladium virens</i>	0.05			
<i>Nigrospora</i> sp	0.05			
<i>Zygosporium</i> sp	0.05			
<i>Trichosporon</i> sp	0.05			
<i>Alternaria</i> sp	0.10			
<i>Aspergillus niger</i>	0.10			
<i>Gliocladium roseum</i>	0.10			
<i>Humicola</i> sp2	0.10			
<i>Humicola</i> sp3	0.10			
<i>Oidium</i> sp	0.10			
<i>Penicillium</i> sp3	0.10			
<i>Torulopsis</i> sp2	0.10			
<i>Verticillium</i> sp	0.10			
<i>Rhizoctonia</i> sp2	0.10			
<i>Aspergillus flavus</i>	0.15			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.15			
<i>Aspergillus terreus</i>	0.15			
<i>Rhizopus</i> sp	0.25			
<i>Trichothecium roseum</i>	0.25			
<i>Choanephora</i> sp	0.35			
<i>Curvularia</i> sp	0.35			
<i>Aureobasidium</i> sp1	0.40	RANGO B	0.40% - 1.83%	11
<i>Aspergillus oryzae</i>	0.45			
<i>Aspergillus versicolor</i>	0.64			
<i>Candida</i> sp	0.69			
<i>Fusarium</i> sp2	0.89			
<i>Humicola</i> sp1	1.04			
<i>Rhizoctonia</i> sp1	1.04			
<i>Penicillium</i> sp2	1.09			
<i>Fusarium</i> sp1	1.14			
<i>Rhodotorula</i> sp	1.29			
<i>Aspergillus glaucus</i>	1.83			
<i>Geotrichum</i> sp	2.38	RANGO C	2.38% - 20.53%	4
<i>Torulopsis</i> sp1	4.11			
<i>Penicillium</i> sp1	7.57			
<i>Cladosporium herbarum</i>	20.53			
Micelio Estéril Pigmentado	17.66	RANGO D	17.66% - 34.04%	2 M.E
Micelio Estéril Hialino	34.04			
46				46

La Figura 6, muestra gráficamente la Densidad Relativa (D.R.%) de la comunidad fúngica presente en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue.

Estas especies se presentan en 4 rangos: el rango A, agrupa a las especies que tienen una Densidad Relativa entre 0.05% a 0.35% (29 sp); el rango B, a las especies que están entre 0.40% a 1.83% (11 sp); el rango C, a las especies que están entre 2.38 % a 20.53% (4) y el rango D, a los Micelios Estériles que están entre 17.57% a 34.04% (2 Mic).

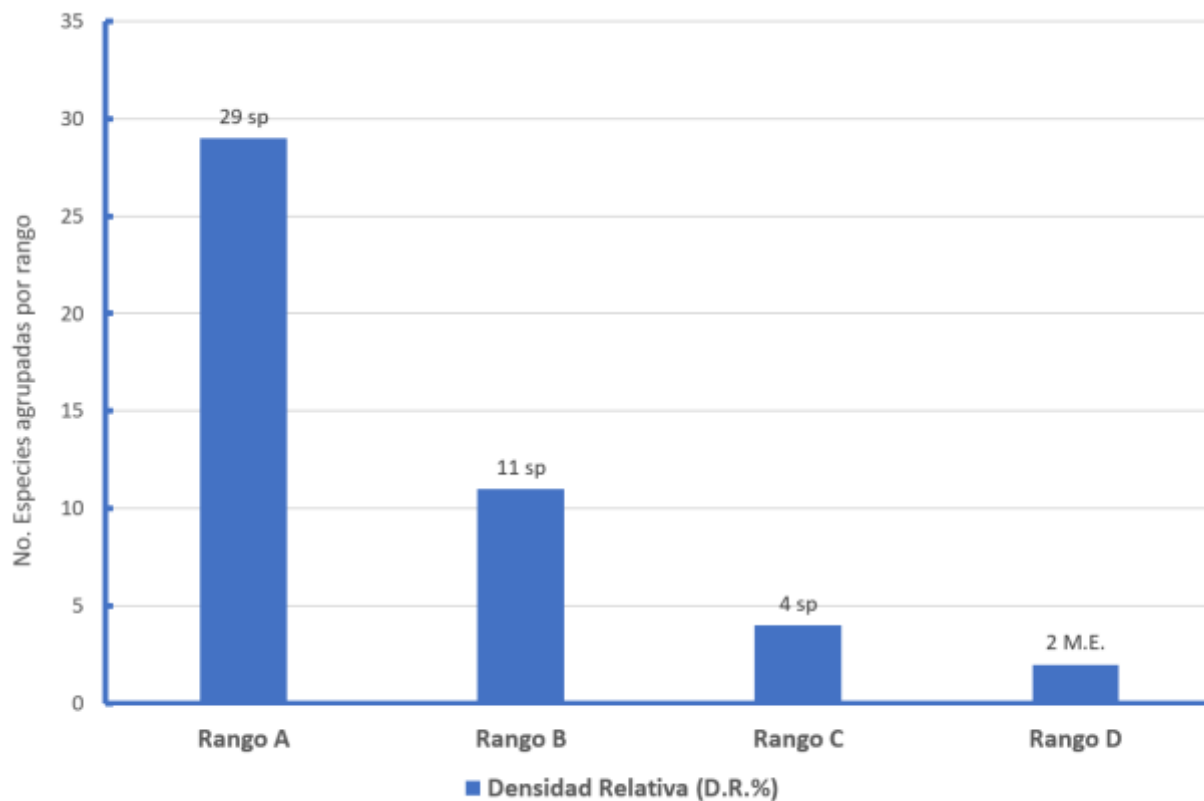


Figura 6. Densidad Relativa (%) de las 44 especies y Micelios Estériles encontrados según muestreos en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 6, muestra las especies fúngicas agrupadas por rangos de Frecuencia de Ocurrencia (%) de acuerdo a los muestreos, donde el rango A, representa a las especies que están entre F.O = 10% a 20% (23 especies); el rango B, las especies que están entre F.O = 30% a 60% (9 especies), el rango C, las especies que están entre F.O = 70% a 100% (12 especies) y el rango D, a los Micelios Estériles con F.O = 100%.

Cuadro 6. Especies fúngicas agrupadas en rangos de F.O (%) de acuerdo a los muestreos, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

Especies	F.O. (%)	Rango	F.O. (%)	No. De Especies
<i>Mortierella</i> sp	10	RANGO A	10% - 20%	23
<i>Mucor</i> sp	10			
<i>Aspergillus clavatus</i>	10			
<i>Aspergillus niger</i>	10			
<i>Aspergillus</i> sp1	10			
<i>Aspergillus</i> sp2	10			
<i>Aspergillus tamaraii</i>	10			
<i>Aspergillus terreus</i>	10			
<i>Aspergillus ustus</i>	10			
<i>Aureobasidium</i> sp2	10			
<i>Gliocladium roseum</i>	10			
<i>Gliocladium virens</i>	10			
<i>Nigrospora</i> sp	10			
<i>Torulopsis</i> sp2	10			
<i>Verticillium</i> sp	10			
<i>Zygosporium</i> sp	10			
<i>Trichosporon</i> sp	10			
<i>Alternaria</i> sp	20			
<i>Humicola</i> sp2	20			
<i>Humicola</i> sp3	20			
<i>Oidium</i> sp	20			
<i>Penicillium</i> sp3	20			
<i>Rhizoctonia</i> sp2	20			
<i>Aspergillus flavus</i>	30	RANGO B	30% - 60%	9
<i>Aspergillus fumigatus</i>	30			
<i>Trichothecium roseum</i>	30			
<i>Choanephora</i> sp	40			
<i>Penicillium</i> sp2	40			
<i>Rhizopus</i> sp	50			
<i>Aspergillus oryzae</i>	50			
<i>Aureobasidium</i> sp1	50			
<i>Curvularia</i> sp	60			
<i>Aspergillus versicolor</i>	70	RANGO C	70% - 100%	12
<i>Fusarium</i> sp2	70			
<i>Aspergillus glaucus</i>	80			
<i>Candida</i> sp	80			
<i>Geotrichum</i> sp	80			
<i>Humicola</i> sp1	80			
<i>Rhizoctonia</i> sp1	80			
<i>Fusarium</i> sp1	90			
<i>Penicillium</i> sp1	90			
<i>Torulopsis</i> sp1	90			
<i>Rhodotorula</i> sp	90			
<i>Cladosporium herbarum</i>	100			
Micelio Estéril Hialino	100	RANGO D	100%	2 M.E
Micelio Estéril Pigmentado	100			
46				46

La Figura 7, muestra gráficamente la Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados por muestreo.

Estas especies se presentan en 4 rangos: El rango A, agrupa a las especies que tienen una Frecuencia de Ocurrencia entre 10% a 20% (23 especies); el rango B, a las especies que están entre 30% a 60% (9 especies); el rango C, a las especies que están entre 70% a 100% (12 especies) y el rango D, a los Micelios Estériles con una mayor F.O. de 100%.

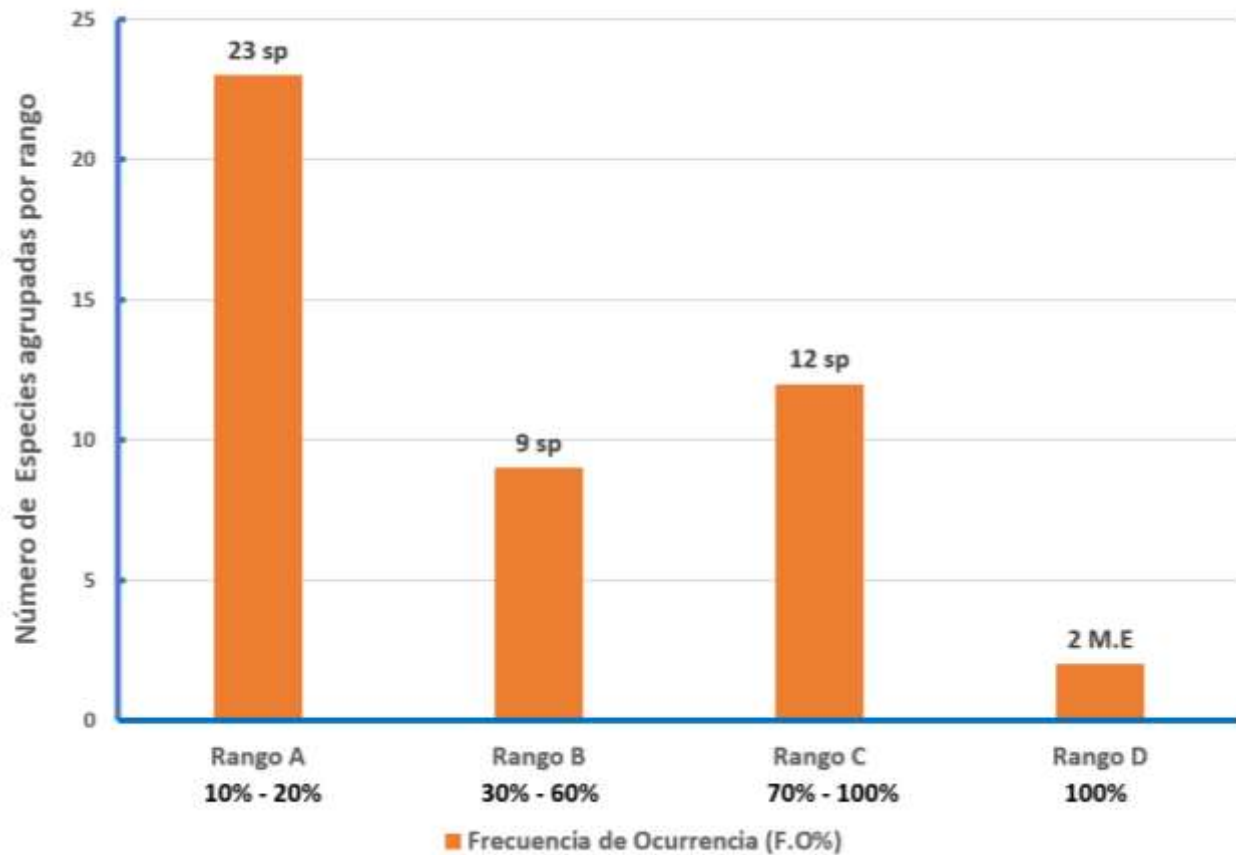


Figura 7. Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados en los muestreos en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 7, presenta el número total de colonias fúngicas encontradas por sitio de muestreo en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

La especie fúngica con mayor cantidad de colonias fue *Cladosporium herbarum* con 415 colonias en total, seguida de *Penicillium* sp1 con 153 colonias, *Torulopsis* sp1 presento 83 colonias; de *Geotrichum* sp, se identificaron 48 colonias y de *Aspergillus glaucus* 37 colonias.

Cladosporium herbarum estuvo presente en todos los sitios de muestreo, obteniendo una F.O = 100%, la segunda especie con una alta F.O% es *Torulopsis* sp1 con un 88.89%, seguida de *Penicillium* sp1 y *Rhodotorula* sp ambas con una F.O = 83.33%, *Geotrichum* sp obtuvo un 72.22% de F.O; mientras que *Fusarium* sp1 y *Rhizoctonia* sp1 poseen una F.O = 66.67%, finalmente sobresale *Humicola* sp1 con 61.11% de Frecuencia de Ocurrencia. Los Micelios Estériles Hialinos y los Pigmentados fueron encontrados en todos los sitios de muestreo obteniendo una F.O =100%.

En el Cuadro 7, se aprecia el sitio “M1” correspondiente al aula 1 de los módulos en donde se encontró la mayor cantidad de colonias fúngicas (204 colonias), siendo *Cladosporium herbarum* la especie predominante con 76 colonias, seguido de *Geotrichum* sp con 11 colonias. El Micelio Estéril Hialino presentó 76 colonias y el Pigmentado 32 colonias.

El sitio “M2” correspondiente al aula 2 de los módulos presentó 188 colonias fúngicas de las cuales 25 pertenecen a *Cladosporium herbarum*, seguido de *Penicillium* sp con 23 colonias y *Torulopsis* sp1 con 22 colonias, el Micelio Estéril Hialino presentó 53 colonias y el Pigmentado 35 colonias.

En el sitio “B3” correspondiente al aula 3 del Edificio B se identificaron 159 colonias, de estas, 40 colonias pertenecen a *Cladosporium herbarum*, 8 a *Torulopsis* sp1; con respecto a los Micelios Estériles el Hialino presento 52 colonias y el Pigmentado 47 colonias.

La secretaria, sitio “SC” presentó 144 colonias fúngicas de las cuales 32 colonias pertenecieron a *Cladosporium herbarum*, 5 a *Torulopsis* sp1 y 4 colonias a *Geotrichum* sp. Los Micelios Estériles Hialinos presentaron 64 colonias y los Pigmentados 30 colonias.

En el sitio “LB”, el laboratorio de ciencias se registraron un total de 135 colonias fúngicas, 66 de estas pertenecen a *Penicillium* sp1 y 12 a *Cladosporium herbarum*, los Micelios Estériles Hialinos presentaron 31 colonias y los Pigmentados 11.

El Aula 1 del edificio D, sitio “D1” presentó 126 colonias fúngicas, sobresaliendo *Cladosporium herbarum* con 22 colonias, seguido de *Geotrichum* sp con 8 colonias. 60 colonias se clasificaron como Micelio Estéril Hialino y 14 como Micelio Pigmentado.

En el sitio “A3”, Aula 3 del Edificio A; se encontraron 119 colonias fúngicas de las cuales 19 pertenecían a la especie *Cladosporium herbarum*, 15 a *Penicillium* sp1 y 14 a *Aspergillus glaucus*, 32 colonias fueron de Micelios Estériles Hialinos y 20 Micelios Pigmentados.

El sitio D4, Aula 4 del Edificio D, se aprecia con 111 colonias fúngicas de las cuales 15 son de *Cladosporium herbarum* y 9 de *Geotrichum* sp, 40 colonias de Micelio Estéril Hialino y 29 de Micelio Pigmentado.

El resto de sitios presentaron un número de colonias entre 67 y 101, resaltando por su gran cantidad de colonias *Cladosporium herbarum* y *Penicillium* sp1 principalmente.

Cuadro 7. Número total de colonias fúngicas, Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) por sitio de muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

División	Género	RESUMEN ESPECIES ENCONTRADAS POR SITIO																		Σ	D.R%	F.O%
		Edificio A				Edificio B				Edificio C		Edificio D				Módulos		SD	SC			
		A1	A2	A3	A4	LB	B1	B2	B3	C1	SR	D1	D2	D3	D4	M1	M2					
Zygomycota	<i>Choanephora</i> sp	1	0	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.35	27.78
	<i>Mortierella</i> sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56
	<i>Mucor</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56
	<i>Rhizopus</i> sp	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0.25	27.78
Deuteromycota / Ascomycota	<i>Alternaria</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.10	11.11	
	<i>Aspergillus clavatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0.15	16.67	
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0.15	16.67	
	<i>Aspergillus glaucus</i>	10	3	14	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	37	1.83	44.44	
	<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.10	5.56	
	<i>Aspergillus oryzae</i>	0	0	0	2	1	0	0	2	0	0	3	0	0	1	0	0	0	9	0.45	27.78	
	<i>Aspergillus</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Aspergillus</i> sp2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Aspergillus tamarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Aspergillus terreus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0.15	5.56	
	<i>Aspergillus ustus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Aspergillus versicolor</i>	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	0	13	0.64	44.44	
	<i>Aureobasidium</i> sp1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	1	8	0.40	33.33	
	<i>Aureobasidium</i> sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Candida</i> sp	5	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	14	0.69	33.33	
	<i>Cladosporium herbarum</i>	32	17	19	26	12	22	10	40	15	16	22	13	9	15	76	25	14	32	415	20.53	100.00
	<i>Curvularia</i> sp	0	1	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	7	0.35	27.78	
	<i>Fusarium</i> sp1	2	0	1	0	2	1	1	1	4	0	1	1	5	0	1	1	3	23	1.14	66.67	
	<i>Fusarium</i> sp2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	2	7	2	1	0	0	18	0.89	50.00	
	<i>Geotrichum</i> sp	2	0	1	0	1	1	0	2	2	0	8	3	2	9	11	0	2	48	2.38	72.22	
	<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.10	5.56	
	<i>Gliocladium virens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.05	5.56	
	<i>Humicola</i> sp1	0	2	1	1	0	3	2	0	4	3	2	1	0	0	1	0	1	21	1.04	61.11	
	<i>Humicola</i> sp2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0.10	11.11	
	<i>Humicola</i> sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0.10	11.11	
	<i>Nigrospora</i> sp	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56	
	<i>Oidium</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0.10	11.11	
	<i>Penicillium</i> sp1	10	0	15	2	66	3	18	1	0	2	2	3	1	0	3	23	2	153	7.57	83.33	
	<i>Penicillium</i> sp2	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	17	0	0	22	1.09	22.22	
	<i>Penicillium</i> sp3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0.10	11.11	
	<i>Torulopsis</i> sp1	2	7	4	0	2	8	5	8	1	1	5	5	3	2	0	22	3	83	4.11	88.89	
<i>Torulopsis</i> sp2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.10	5.56		
<i>Trichothecium roseum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	5	0.25	22.22		
<i>Verticillium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.10	5.56		
<i>Zygosporium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.05	5.56		
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia</i> sp1	3	0	1	1	1	0	1	2	3	2	0	0	1	2	0	1	3	21	1.04	66.67	
	<i>Rhizoctonia</i> sp2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0.10	11.11	
	<i>Rhodotorula</i> sp	1	2	2	3	3	1	3	0	0	0	2	1	1	2	1	1	2	26	1.29	83.33	
	<i>Trichosporon</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.05	5.56		
Deuteromycota	Micelio Estéril Hialino	19	28	32	30	31	20	15	52	29	32	60	34	38	40	76	53	64	688	34.04	100.00	
	Micelio Estéril Pigmentado	12	14	20	6	11	21	10	47	8	18	14	20	18	29	32	35	12	357	17.66	100.00	
TOTAL		101	79	119	81	135	91	67	159	67	84	126	89	92	111	204	188	84	144	2021		

La Figura 8, muestra de forma gráfica, la distribución del número total de colonias fúngicas en los 18 sitios muestreados, el cual refleja que el sitio “M1” presentó un mayor número de colonias fúngicas con un total de 204, seguido del sitio “M2” con 188 colonias, ambos sitios pertenecen a las aulas de los módulos. Los sitios que presentaron un menor número de colonias fueron el “B2” del Edificio B y “C1” del Edificio C ambos con 67 colonias, ambas aulas del bachillerato en salud.

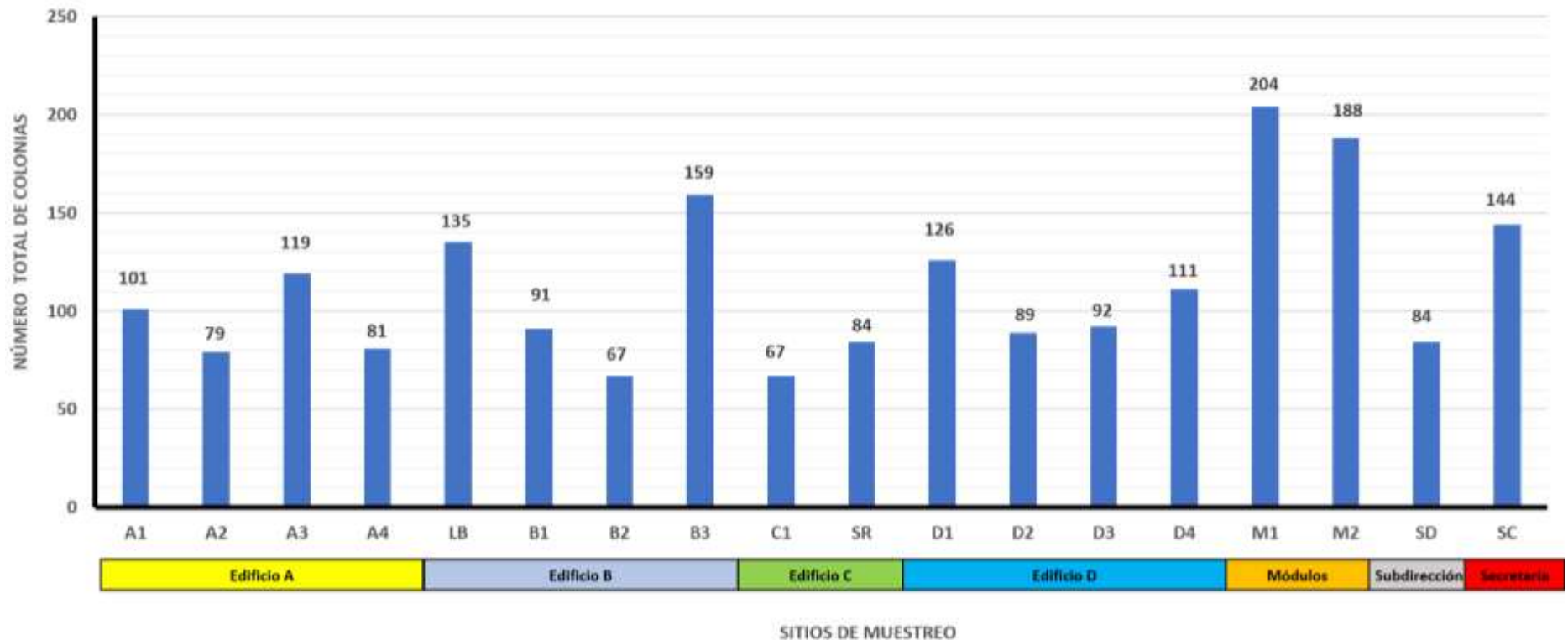


Figura 8. Número total de colonias fúngicas por sitio, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 8, muestra las especies fúngicas agrupadas por rangos de Densidad Relativa (%) de acuerdo a los sitios, donde se agrupa a las especies que tienen una Densidad Relativa entre 0.05% a 0.35%; el rango B, a las especies que están entre 0.40% a 1.83% ; el rango C, a las especies que están entre 2.38 % a 20.53% y el rango D, a los Micelios Estériles los cuales presentaron una D.R.% de 17.57% a 34.04%.

Cuadro 8. Especies fúngicas agrupadas en rangos de D.R (%) de acuerdo al sitio de muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022.

Especies	D.R. (%)	Rango	D.R. (%)	No. De Especies
<i>Mortierella</i> sp	0.05	RANGO A	0.05% - 0.35%	29
<i>Mucor</i> sp	0.05			
<i>Aspergillus clavatus</i>	0.05			
<i>Aspergillus</i> sp1	0.05			
<i>Aspergillus</i> sp2	0.05			
<i>Aspergillus tamaraii</i>	0.05			
<i>Aspergillus ustus</i>	0.05			
<i>Aureobasidium</i> sp2	0.05			
<i>Gliocladium virens</i>	0.05			
<i>Nigrospora</i> sp	0.05			
<i>Zygosporium</i> sp	0.05			
<i>Trichosporon</i> sp	0.05			
<i>Alternaria</i> sp	0.10			
<i>Aspergillus niger</i>	0.10			
<i>Gliocladium roseum</i>	0.10			
<i>Humicola</i> sp2	0.10			
<i>Humicola</i> sp3	0.10			
<i>Oidium</i> sp	0.10			
<i>Penicillium</i> sp3	0.10			
<i>Torulopsis</i> sp2	0.10			
<i>Verticillium</i> sp	0.10			
<i>Rhizoctonia</i> sp2	0.10			
<i>Aspergillus flavus</i>	0.15			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.15			
<i>Aspergillus terreus</i>	0.15			
<i>Rhizopus</i> sp	0.25			
<i>Trichothecium roseum</i>	0.25			
<i>Choanephora</i> sp	0.35			
<i>Curvularia</i> sp	0.35			
<i>Aureobasidium</i> sp1	0.40	RANGO B	0.40% - 1.83%	11
<i>Aspergillus oryzae</i>	0.45			
<i>Aspergillus versicolor</i>	0.64			
<i>Candida</i> sp	0.69			
<i>Fusarium</i> sp2	0.89			
<i>Humicola</i> sp1	1.04			
<i>Rhizoctonia</i> sp1	1.04			
<i>Penicillium</i> sp2	1.09			
<i>Fusarium</i> sp1	1.14			
<i>Rhodotorula</i> sp	1.29			
<i>Aspergillus glaucus</i>	1.83			
<i>Geotrichum</i> sp	2.38	RANGO C	2.38% - 20.53%	4
<i>Torulopsis</i> sp1	4.11			
<i>Penicillium</i> sp1	7.57			
<i>Cladosporium herbarum</i>	20.53			
Micelio Estéril Pigmentado	17.66	RANGO D	17.66% - 34.04%	2 M.E
Micelio Estéril Hialino	34.04			
46				46

La Figura 9, muestra gráficamente la Densidad Relativa (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados en la institución educativa, según los sitios de muestreo.

Estas especies se presentan en 4 rangos: el rango A, agrupa a las especies que tuvieron una menor Densidad Relativa entre 0.05% a 0.35% (29 especies); el rango B, a las especies que están entre 0.40% a 1.83% (11 especies); el rango C, a las especies que están entre 2.38% a 20.53% (4 especies) y el rango D, a los Micelios Estériles que están entre 17.66% a 34.04% los de mayor densidad.

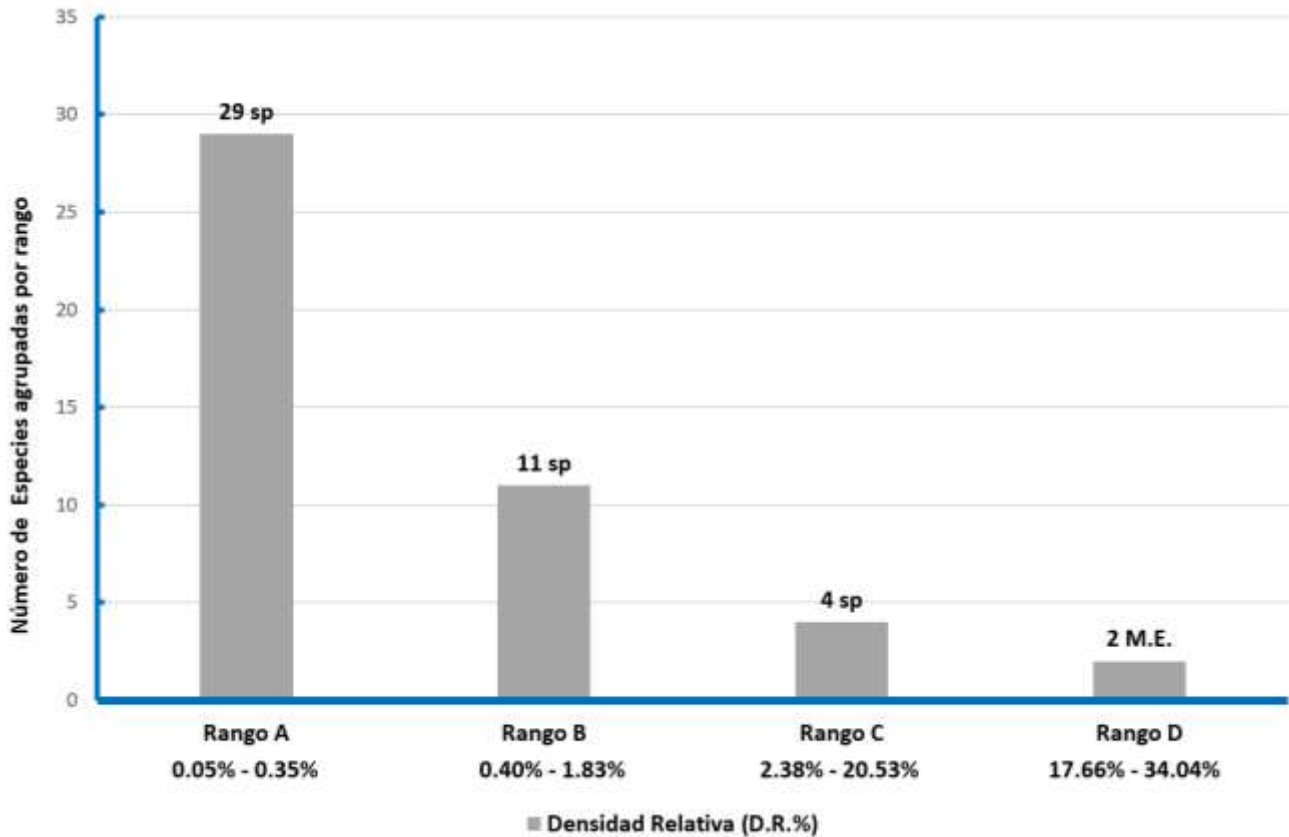


Figura 9. Densidad Relativa (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 9, muestra la Frecuencia de Ocurrencia F.O.% de las especies fúngicas encontradas según el sitios de muestreo, las cuales se agrupan en diferentes rangos, donde el rango A, representa a las especies que tienen una Frecuencia de Ocurrencia entre 5.56% a 27.78% (31 especies); el rango B, a las especies que están entre 33.33% a 66.67% (8 especies); el rango C, a las especies que están entre 72.22% a 100% (5 especies) y el rango D contiene a los Micelios Estériles con 100% de Frecuencia de Ocurrencia.

Cuadro 9. Especies fúngicas agrupadas en rangos de F.O (%) según el sitio de muestreo, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

Especies	F.O. (%)	Rango	F.O. (%)	No. De Especies
<i>Mortierella</i> sp	5.56	RANGO A	5.56% - 27.78%	31
<i>Mucor</i> sp	5.56			
<i>Aspergillus clavatus</i>	5.56			
<i>Aspergillus niger</i>	5.56			
<i>Aspergillus</i> sp1	5.56			
<i>Aspergillus</i> sp2	5.56			
<i>Aspergillus tamaritii</i>	5.56			
<i>Aspergillus terreus</i>	5.56			
<i>Aspergillus ustus</i>	5.56			
<i>Aureobasidium</i> sp2	5.56			
<i>Gliocladium roseum</i>	5.56			
<i>Gliocladium virens</i>	5.56			
<i>Nigrospora</i> sp	5.56			
<i>Torulopsis</i> sp2	5.56			
<i>Verticillium</i> sp	5.56			
<i>Zygosporium</i> sp	5.56			
<i>Trichosporon</i> sp	5.56			
<i>Alternaria</i> sp	11.11			
<i>Humicola</i> sp2	11.11			
<i>Humicola</i> sp3	11.11			
<i>Oidium</i> sp	11.11			
<i>Penicillium</i> sp3	11.11			
<i>Rhizoctonia</i> sp2	11.11			
<i>Aspergillus flavus</i>	16.67			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	16.67			
<i>Penicillium</i> sp2	22.22			
<i>Trichothecium roseum</i>	22.22			
<i>Choanephora</i> sp	27.78			
<i>Rhizopus</i> sp	27.78			
<i>Aspergillus oryzae</i>	27.78			
<i>Curvularia</i> sp	27.78			
<i>Aureobasidium</i> sp1	33.33	RANGO B	33.33% - 66.67%	8
<i>Candida</i> sp	33.33			
<i>Aspergillus glaucus</i>	44.44			
<i>Aspergillus versicolor</i>	44.44			
<i>Fusarium</i> sp2	50.00			
<i>Humicola</i> sp1	61.11			
<i>Fusarium</i> sp1	66.67			
<i>Rhizoctonia</i> sp1	66.67	RANGO C	72.22% - 100.00%	5
<i>Geotrichum</i> sp	72.22			
<i>Penicillium</i> sp1	83.33			
<i>Rhodotorula</i> sp	83.33			
<i>Torulopsis</i> sp1	88.89	RANGO D	100.00%	2 M.E
<i>Cladosporium herbarum</i>	100.00			
Micelio Estéril Hialino	100.00			
Micelio Estéril Pigmentado	100.00			
46				46

La Figura 10, muestra gráficamente la Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados según el sitio de muestreo. Estas especies se presentan en 4 rangos: el rango A, representa a las especies que tienen una Frecuencia de Ocurrencia entre 5.56% a 27.78% (31 especies); el rango B, a las especies que están entre 33.33% a 66.67% (8 especies); el rango C, a las especies que están entre 72.22% a 100% (5 especies) y el rango D contiene a los Micelios Estériles con un F.O = 100%.

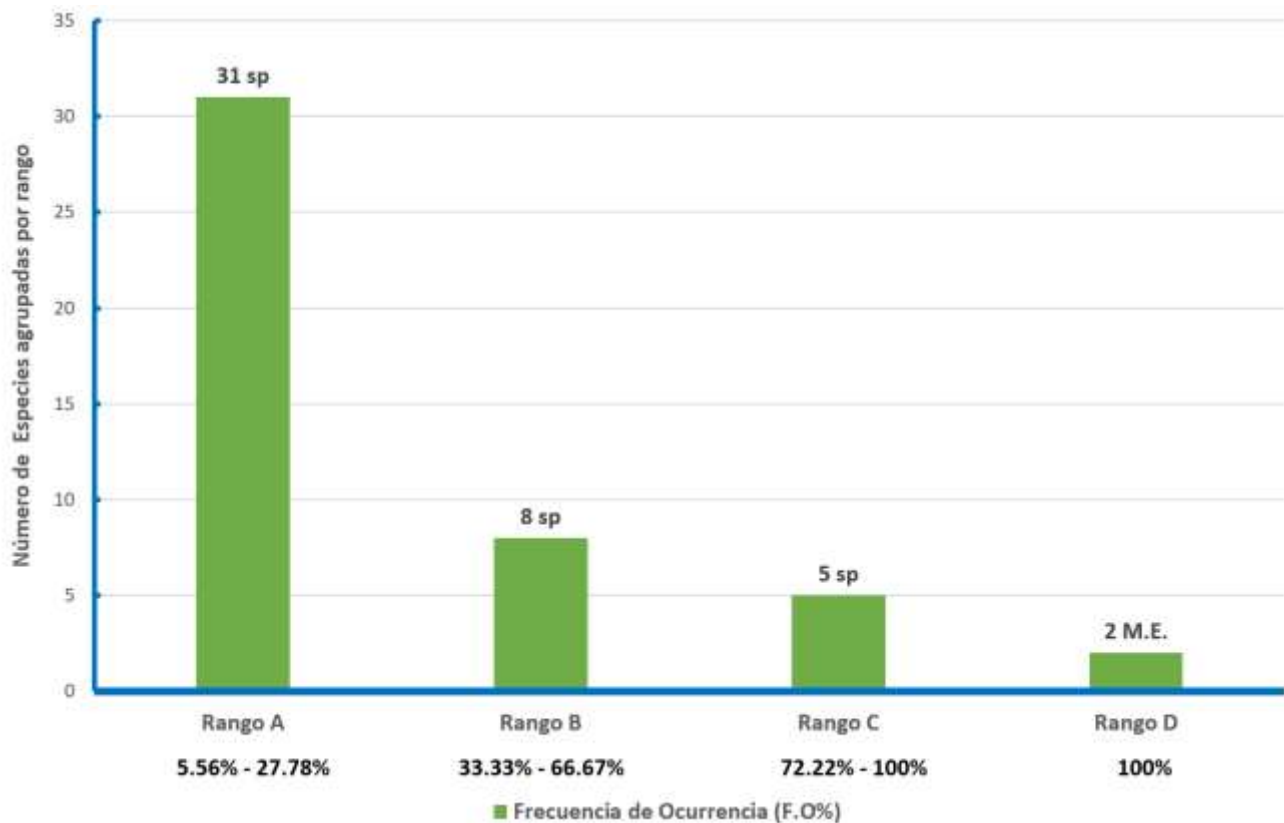


Figura 10. Frecuencia de Ocurrencia (%) de las 44 especies y los 2 Micelios Estériles encontrados de acuerdo al sitio de muestreo en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, de junio a octubre de 2022.

El Cuadro 10 muestra los resultados obtenidos de niveles de concentración de microhongos (UFC/m³) en el aire al interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, también se clasifican los diferentes sitios de muestreo de acuerdo a su nivel de contaminación basándose en las normas internacionales propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). (Cuadro 2).

Cuadro 10. Concentración de Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m³) por sitio de muestreo y Niveles de Contaminación presentado en los diferentes sitios de muestreo de acuerdo a los estándares de la OMS durante los meses de junio a octubre de 2022.

Sitio de Muestreo		No. Promedio de Colonias Fúngicas por sitio	(UFC/m ³)	Nivel de Contaminación de acuerdo a los estándares de la OMS	
EDIFICIO A	A1	10.1	642.98	ALTO	
	A2	7.9	502.92		
	A3	11.9	757.57		
	A4	8.1	515.66		
EDIFICIO B	LAB	13.5	859.43	ALTO	
	B1	9.1	579.32		
	B2	6.7	426.53		INTERMEDIO
	B3	15.9	1012.22		ALTO
EDIFICIO C	C1	6.7	426.53	INTERMEDIO	
	SR	8.4	534.76	ALTO	
EDIFICIO D	D1	12.6	802.14		
	D2	8.9	623.88		
	D3	9.2	585.69		
	D4	11.1	706.64		
MÓDULOS	M1	20.4	1298.7	ALTO	
	M2	18.8	1196.84		
SUBDIRECCIÓN	SD	8.4	534.76	ALTO	
SECRETARIA	SC	14.4	916.73		

El Cuadro 11, presenta la Densidad Relativa (D.R%) y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) de las especies fúngicas con mayor potencial alergénico encontradas en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, en total 30 de las 44 especies identificadas poseen un potencial alergénico, los Micelios Estériles no son tomados en cuenta en esta selección.

De las especies con potencial alergénico, solamente *Cladosporium herbarum* (D.R = 20.53%) presentó un 100% de F.O en los muestreos y por sitios, seguido de *Torulopsis sp* (D.R = 4.11%) con una F.O = 90% por muestreo y 88.89% por sitios, *Penicillium sp1* (D.R = 7.57%) y *Rhodotorula sp* (D.R = 1.29%), presentaron una F.O = 90% para los muestreos y 83.33% por sitio.

Cuadro 11. Densidad Relativa (D.R%) Y Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) de las especies con potencial alergénico encontrados en los diferentes sitios y muestreos realizados en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, durante los meses de junio a octubre de 2022.

No.	Especies	D.R. (%)	F.O. (%)	
			Muestreo	Sitio
1	<i>Cladosporium herbarum</i>	20.53	100	100
2	<i>Penicillium</i> sp1	7.57	90	83.33
3	<i>Torulopsis</i> sp1	4.11	90	88.89
4	<i>Geotrichum</i> sp	2.38	80	72.22
5	<i>Aspergillus glaucus</i>	1.83	80	44.44
6	<i>Rhodotorula</i> sp	1.29	90	83.33
7	<i>Fusarium</i> sp1	1.14	90	66.67
8	<i>Penicillium</i> sp2	1.09	40	22.22
9	<i>Fusarium</i> sp2	0.89	70	50
10	<i>Candida</i> sp	0.69	80	33.33
11	<i>Aspergillus versicolor</i>	0.64	70	44.44
12	<i>Aspergillus oryzae</i>	0.45	50	27.78
13	<i>Aureobasidium</i> sp1	0.40	50	33.33
14	<i>Curvularia</i> sp	0.35	60	27.78
15	<i>Rhizopus</i> sp	0.25	50	27.78
16	<i>Aspergillus flavus</i>	0.15	30	16.67
17	<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.15	30	16.67
18	<i>Aspergillus terreus</i>	0.15	10	5.56
19	<i>Alternaria</i> sp	0.10	20	11.11
20	<i>Aspergillus niger</i>	0.10	10	5.56
21	<i>Penicillium</i> sp3	0.10	20	11.11
22	<i>Torulopsis</i> sp2	0.10	10	5.56
23	<i>Mucor</i> sp	0.05	10	5.56
24	<i>Aspergillus clavatus</i>	0.05	10	5.56
25	<i>Aspergillus</i> sp1	0.05	10	5.56
26	<i>Aspergillus</i> sp2	0.05	10	5.56
27	<i>Aspergillus tamaritii</i>	0.05	10	5.56
28	<i>Aspergillus ustus</i>	0.05	10	5.56
29	<i>Aureobasidium</i> sp2	0.05	10	5.56
30	<i>Nigrospora</i> sp	0.05	10	5.56
Total: 30 Especies con potencial alergénico				

DISCUSIÓN

El método utilizado para poder llevar a cabo el análisis cuantitativo y cualitativo de los microhongos del aire encontrados en el Complejo Educativo “Dr. Humberto Romero Alvergue” fue el Propuesto por Omeliansky, también llamado gravimétrico o de sedimentación pasiva, este método ha sido comparado con los métodos de impacto y filtración demostrando ser un método confiable para la cuantificación de microorganismos (Bacterias y hongos) (Awad & Mawla, 2012).

La identificación de los microhongos se realizó utilizando las claves taxonómicas de Apuntes Básicos de micología; Géneros comunes de micromicetos en cultivo y el libro Illustrated Genera of imperfect Fungi.

El establecimiento del nivel de contaminación se realizó de acuerdo a los estándares de la OMS por Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m³), método utilizado previamente por Aira et al, 2006; Araujo et al, 2013, Rodríguez, 2016; Araujo et al, 2019; Araujo, 2020; Miranda et al, 2020, siendo parámetros aceptados internacionalmente.

El estudio se llevó a cabo en la época lluviosa, durante los meses de junio a octubre del 2022, donde se identificaron 2021 colonias fúngicas encontradas en los 18 sitios de muestreo. De manera general fue *Cladosporium herbarum* la especie predominante en este estudio con un total de 415 colonias, seguido de *Penicillium* sp1 con 153 colonias; en cuanto a variedad de número de especies, fue el género *Aspergillus* quién predominó con 12 especies diferentes, estos resultados concuerdan con los de diversos autores como : Umaña, 1987; Menjívar, 1993; Martínez et al, 2018; Jiménez et al, 2022, entre otros, quienes reportan a los géneros *Aspergillus* sp, *Cladosporium* sp y *Penicillium* sp como los más predominantes en los estudios de hongos del aire. En esta investigación fueron *Cladosporium* sp y *Penicillium* sp los de mayor densidad y *Aspergillus* sp el de mayor variedad de especies.

De acuerdo a la clasificación de los hongos del aire identificados en el estudio, se observa que una gran mayoría pertenecen a la División Deuteromycota/Ascomycota con 36 especies, 4 especies pertenecen a la División Deuteromycota/Basidiomycota, 4 especies a la División Zygomycota y 2 se clasifican como Micelios estériles. La predominancia de la División Deuteromycota/Ascomycota, se comparte con los diversos estudios realizados por Umaña, 1987; Esquivel, 1988; Menjívar, 1993; Martínez et al, 2018; Araujo et al, 2019; Jiménez et al, 2022.

Cladosporium es un género de hongo cosmopolita, la gran mayoría de sus especies son saprofitas, es considerado un moho de exterior, encontrándose alrededor del mundo, principalmente en el suelo, plantas y alimentos; sin embargo, debido a la facilidad de transporte de sus esporas, mediante el aire es capaz de colonizar superficies interiores, junto a *Penicillium* sp y *Aspergillus* sp, estos son considerados los hongos más comunes de interiores (Almaguer et al, 2014; Thermo Fisher Scientific, 2022). De esta manera los datos de Densidad Relativa (D.R.%) de 20. 53% y Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%) de 100%, de la especie más representativa en este estudio, concuerdan con lo mencionado por Pathak & Pady, 1965, sobre la periodicidad diurna de este género. (Martínez, 1987).

Cladosporium herbarum puede desarrollarse como fitopatógeno generalmente foliar, provocando cladosporosis, costras y manchas marrones, puede actuar como patógeno oportunista provocando desde leves alergias, hasta convertirse en un factor de riesgo para el desarrollo de rinitis alérgica y asma. (Pérez & Espinoza, 2019; Thermo Fisher Scientific, 2022).

Al comparar los diferentes sitios de muestreo, sobresale el Sitio “M1”, este corresponde al Aula Número 1 del sector de los Módulos con un total de 204 colonias, de las cuales, 76 se identificaron como *Cladosporium herbarum*, 11 como *Geotrichum* sp y 3 como *Penicillium* sp1. Como segundo sitio con mayor cantidad de colonias fúngicas se identificó “M2” correspondiente el Aula Número 2 del sector de Módulos, en este se identificaron 188 colonias, de las cuales 25 se clasificaron como *Cladosporium herbarum*, 23 como *Penicillium* sp1, 22 colonias de *Torulopsis* sp y 17 de *Penicillium* sp2, esta mayor concentración se debe a las condiciones presentadas en el área de los Módulos del Complejo Educativo, ventilación no adecuada, humedad presente en el interior, y su cercanía al área verde de la institución, lo que favorece el ingreso de mayor cantidad de esporas fúngicas transportadas por el aire desde el exterior y que permanecen en el aula, encontrándose siempre *Cladosporium herbarum* como predominante.

La mayoría de sitios de muestreos presentaban condiciones similares, con excepción del sitio “C1” el cual obtuvo el menor número de colonias fúngicas (con 67), predominando siempre *C. herbarum*. Esta aula pertenece al bachillerato técnico en Salud, un aula que presenta condiciones de limpieza más rigurosas, no ventilación y de poca afluencia de estudiantes a lo largo de la mañana, encontrándose muchas veces desocupada y en ocasiones habilitándose el ingreso solo para la respectiva toma de muestra; estas condiciones de limpieza y no ventilación influyeron en los datos obtenidos en este sitio.

En el sitio “B2” también se reportaron 67 colonias fúngicas, este sitio corresponde al aula principal del bachillerato técnico en Salud, esta aula cuenta con condiciones completamente diferentes al resto, principalmente por la instalación de aire acondicionado y condiciones de asepsia, la puerta y ventanas

del aula permanecen completamente cerradas en el transcurso del día, la presencia de aire acondicionado es un factor limitante para el desarrollo y permanencia de las esporas fúngicas. El aire acondicionado puede ser una herramienta efectiva para evitar la formación y dispersión de esporas en espacios cerrados, debido a que el aire acondicionado tiene la capacidad de quitar la humedad del ambiente, lo que es esencial para prevenir la aparición de moho. Al reducir la humedad, se crean condiciones menos favorables para el crecimiento y proliferación de las esporas, disminuyendo la población fúngica.

De acuerdo a los Muestreos, el último de estos, “M10” es el que presenta mayor cantidad de colonias fúngicas identificadas con 247, seguido del Muestreo 9, “M9” con 238. Estos muestreos fueron realizados la última semana de septiembre y la primera de octubre, respectivamente; para ambos casos las condiciones ambientales eran diferentes al resto, debido al incremento de los vientos en esa temporada del año, factor que promueve la diseminación de las esporas fúngicas. En ambos permanece la predominancia de *Cladosporium herbarum*. La mayoría de muestreos presentaron más de 200 colonias fúngicas.

El Muestreo 7 “M7”, se realizó en el mes de septiembre, durante el cual se realizan actos correspondientes a la celebración de la independencia, debido a esto, muchas aulas estaban desocupadas y toda la afluencia de estudiantes se concentraba en las zonas abiertas, la ausencia de los estudiantes en los salones disminuyó la presencia de esporas en el ambiente, siendo este el muestreo con menor número de colonias de microhongos, con un total de 155.

Los muestreos 4 y 5, “M4” y “M5” respectivamente presentaron también una disminución en la cantidad de colonias fúngicas con 163 colonias cada uno, estos muestreos se llevaron a cabo en días de lluvias leves, sin embargo, los días anteriores se presentaron lluvias moderadas, factor climático que reduce la presencia de esporas de hongos en el aire, ya que las esporas se hidratan y caen al suelo. (Pakpour et al, 2015; citado por Noriega et al, 2020).

En el muestreo 2 se presentó un caso atípico, debido a la casi nula presencia de estudiantes en la institución educativa, esto debido a la suspensión de clases decretada por el Ministerio de Educación para los 3 días previos al muestreo; debido a las afectaciones de una onda tropical, por lo que la mayoría de actividades dentro del centro escolar se redujeron, la nula presencia de estudiantes y las condiciones de lluvia moderada de los 3 días anteriores permitieron la disminución del número de esporas presentes en el aire, encontrándose en total 166 colonias de microhongos.

Basándonos en los datos de la Densidad Relativa (D.R.%) y la Frecuencia de Ocurrencia (F.O.%), podemos mencionar que la mayoría de especies identificadas, no forman parte de una comunidad fúngica estable en el Complejo Educativo, debido a que presentan una (D.R.%) y (F.O.%) baja, lo que determina especies transitorias y no permanentes, con excepción de:

Cladosporium herbarum (D.R.= 20.53%), (F.O.= 100%).

Penicillium sp1 (D.R.= 7.57%), (F.O.= 90%).

Torulopsis sp1 (D.R.= 4.11%), (F.O.= 90%).

Geotrichum sp (D.R.= 2.38%), (F.O.= 80%).

Aspergillus glaucus (D.R.= 1.83%), (F.O.= 80%).

Rhodotorula sp (D.R.= 1.29%), (F.O.= 90%).

Fusarium sp1 (D.R.= 1.14%), (F.O.= 90%).

Fusarium sp2 (D.R.= 0.89%), (F.O.= 70%).

Candida sp (D.R.= 0.69%), (F.O.= 80%).

Aspergillus versicolor (D.R.= 0.64%), (F.O.= 70 %).

Aspergillus oryzae (D.R.= 0.45%), (F.O.= 50%).

Aureobasidium sp1 (D.R.= 0.40 %), (F.O.= 50%).

Curvularia sp (D.R.= 0.35%), (F.O.= 60%).

Rhizopus sp (D.R.= 0.25%), (F.O.= 50%).

Estas especies son consideradas estables de la Comunidad Fúngica del Complejo Educativo encontrándose en al menos el 50% de los muestreos.

Los datos obtenidos indican que 16 de los 18 sitios muestreados presentan un nivel de contaminación alta, con una concentración de Unidades formadoras de Colonias (UFC/m³) por encima de las 500, datos representados principalmente por *Cladosporium herbarum*, *Penicillium* sp1, *Torulopsis* sp1, *Geotrichum* sp y *Aspergillus glaucus*. Mientras que dos sitios: “B2” y “C1”, ambas aulas del bachillerato técnico en Salud presentan un nivel de contaminación medio entre 100 a 500 UFC/m³, según los estándares de concentración de hongos en el aire UFC/m³ establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Al comparar los resultados con otras investigaciones realizadas en espacios cerrados, tenemos que en la investigación “PRESENCIA DE HONGOS EN EL AIRE DE AULAS DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD CENTRO” de García et al, 2016, encontró concentraciones que van desde las 0 UFC/m³ hasta las 943 UFC/m³ lo que mostraría sitios con niveles de contaminación, muy baja, baja, intermedia y alta, siendo los principales hongos presentes *Alternaria* sp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium* sp., *Drechslera* sp., *Penicillium* sp., y *Fusarium* sp, coincidiendo en gran parte con los resultados obtenidos en este estudio.

Araujo et al, 2020, en su investigación: “EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE AIRE INTERIOR EN TRES MUSEOS DE LA ZONA UNESCO N° 658 CORO, VENEZUELA PATRIMONIO MUNDIAL DE LA HUMANIDAD”, estableció niveles de contaminación por hongos medio y altos en los puntos de muestreo; identificando a *Aspergillus* sp, *Mucor* sp y *Penicillium* sp como los mayores contaminantes, los resultados coinciden significativamente con los obtenidos en este trabajo.

Respecto a los Micelios Estériles, estos se presentaron en gran cantidad, 688 colonias de Micelio Estéril Cristalino (D.R.= 34.04%) y 357 colonias de Micelio Estéril Pigmentado (D.R.= 17.66%), ambos con un 100% de F.O. Estos micelios se clasifican de esta manera al no desarrollar estructuras reproductoras, la gran presencia de estos Micelios concuerda con los estudios realizados por Umaña, 1987; Menjívar, 1993; Parada, 1996 y Quintanilla & Rivera, 2003, en ambientes interiores, en donde se aprecia el alto nivel de presencia de estos Micelios.

En esta investigación se determinaron 30 especies con potencial alergénico, entre estas:

Cladosporium herbarum con una (D.R.=20.53%) y una (F.O.=100%) es la especie con mayor potencial alergénico, puede producir desde alergias leves, hasta condiciones de salud, grave, Rinitis y Asma (Almaguer, 2014; Sánchez & Almaguer, 2014; Pérez & Espinoza, 2019; Thermo Fisher Scientific, 2022).

Penicillium sp1 con una (D.R.= 7.57) y una (F.O.= 90%) y *Penicillium* sp2 con una (D.R.= 1.09%) y una (F.O.= 40%), pueden encontrarse colonizando las vías respiratorias de pacientes con alergias respiratorias y producir reactividad cutánea. Se han descrito casos de otomicosis, endoftalmitis, queratitis, infecciones cutáneas, esofagitis, neumonías necrotizantes o infecciones diseminadas en pacientes con neoplasias o inmunodepresión. (Pontón et al, 2002).

Torulopsis sp1 con una (D.R.= 4.11%) y una (F.O.=90%), *Torulopsis sp2* con una (D.R.= 0.10%) y una (F.O.= 10%), se aísla cada vez con mayor frecuencia de muestras clínicas, como agente de candidosis vaginal, o produciendo micosis sistémicas graves y candidemia en los enfermos críticos, en inmunodeprimidos y con neoplasias hematológicas o sólidas (Torres, s.f.).

Geotrichum sp con una (D.R.= 2.38%) y una (F.O.= 80%), provoca la Micosis Broncopulmonar alérgica. (Rodríguez et al, 2010).

Aspergillus glaucus con una (D.R.=1.83%) y una (F.O.= 80%) *Aspergillus versicolor* con una (D.R.= 0.64%) y una (F.O.= 70%), *Aspergillus oryzae* con una (D.R.= 0.45%) y una (F.O.= 50%), *Aspergillus flavus* con una (D.R.= 0.15%) y una (F.O.=30%), *Aspergillus fumigatus* con una (D.R.= 0.15%) y una (F.O.=30%), *Aspergillus terreus* con una (D.R.=0.15%) y una (F.O.=10%), *Aspergillus niger* con una (D.R.= 0.10%) y una (F.O.= 10%), *Aspergillus clavatus* con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), *Aspergillus sp1* con una con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), *Aspergillus sp2* con una con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), *Aspergillus tamaritii* con una con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), *Aspergillus ustus* con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%); todos estos son patógenos humanos muy importantes y puede causar enfermedades invasoras graves en personas inmunosuprimidas. La mortalidad es muy elevada en las aspergilosis pulmonares necrotizantes o en las aspergilosis diseminadas. (Pontón et al, 2002).

Rhodotorula sp con una (D.R.= 1.29%) y una (F.O.= 90%), Las esporas de estos hongos pueden entrar en contacto con la mucosa nasofaríngea y desencadenar alergias o infecciones. (Molina & Borrego, 2017).

Fusarium sp1 con una (D.R.=1.14%) y una (F.O.= 90%) y *Fusarium sp 2* con una (D.R.= 0.89%) y una (F.O.= 70%), Diferentes especies de *Fusarium* son productoras de micotoxinas. También se han asociado a diferentes enfermedades, como, asma, enfermedad bronco alveolar alérgica, rinitis perenne, en niños y de carácter profesional en recolectores de fresas y otros agricultores. Cerca de un 15% de los niños con rinitis perenne reacciona ante la provocación nasal con *Fusarium*. La reactividad cutánea a *Fusarium culmorum* se ha observado en pacientes con asma. Las especies reportadas con mayor frecuencia en dichas infecciones son: *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium moniliforme*. (Pontón et al, 2002; Sánchez & Almaguer, 2014).

Candida sp, con una (D.R.= 0.69%) y una (F.O.= 80%). Se han encontrado anticuerpos para *Candida* en pacientes con rinitis alérgica y asma, también en pacientes con urticaria crónica o recurrente, puede producir infecciones superficiales que afectan a piel, uñas y mucosas. La piel húmeda y las mucosas oral y vaginal son lugares donde la infección candidiásica es frecuente. Sin embargo, las candidiasis más graves (candidiasis diseminadas) se observan en personas inmunosuprimidas o con enfermedades subyacentes predisuestas a sufrir esta infección. *Candida* spp. reside como comensal en las membranas mucosas del ser humano especialmente del tracto gastrointestinal, entablando relaciones endosimbióticas con algunas bacterias benéficas que facilitan la asimilación de nutrientes y la fermentación de azúcares. Situaciones que alteren la microflora comensal permiten a *Candida* sp. proliferar e invadir tejidos adyacentes e incluso diseminarse por vía hematógena. (Pontón et al, 2002; Mantilla et al, 2021).

Aureobasidium sp1 con una (D.R.= 0.40%) y una (F.O.= 50%) y *Aureobasidium* sp2 con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10% %), Se describe con frecuencia la alergia entre pacientes atópicos, pero su importancia real permanece incierta. Parece ser causante de algunos casos de asma, además, se considera un saprobio de piel y uñas y se han descrito casos de onicomycosis, queratitis, peritonitis e incluso infecciones invasoras en pacientes inmunocomprometidos. (Pontón et al, 2002).

Curvularia sp1 con una (D.R.= 0.35%) y una (F.O.= 60%), capaz de desencadenar en algunas personas problemas respiratorios como rinitis alérgica, razón por la cual son considerados Aero alérgenos. (Cid et al, 2023).

Rhizopus sp con una (D.R.= 0.25%) y una (F.O.= 50%), se registra que la exposición a concentraciones elevadas de esporangiosporas de *Rhizopus* causa alveolitis alérgica extrínseca (pulmón de serrador) en serrerías suecas. Se ha observado una pequeña proporción de pacientes con reactividad cutánea a *Rhizopus stolonifer*. Puede ser un patógeno oportunista en personas inmunosuprimidas y se han descrito casos de micosis rinocerebrales en diabéticos. (Pontón et al, 2002).

Alternaria sp con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), es uno de los hongos extensamente distribuidos y uno de los principales alérgenos. Es capaz de provocar lesiones cutáneas y subcutáneas después de traumatismos en personas con inmunosupresión. También es causa de endoftalmitis postquirúrgica y de onicomycosis. Se han observado infecciones invasoras sistémicas (como encefalitis) en pacientes con SIDA. (Pontón et al, 2002).

Mucor sp presentó una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), se ha observado que hay un pequeño número de pacientes con reactividad cutánea a especies de este género. También se ha asociado a enfermedad profesional en peleteros que inhalan las esporangiosporas durante el proceso de fabricación de prendas de piel. Estas esporas proceden del serrín que se utiliza para el secado de pieles de animales. Diferentes especies de *Mucor* son causa de zigomicosis en pacientes inmunosuprimidos. (Pontón et al, 2002).

Nigrospora con una (D.R.= 0.05%) y una (F.O.= 10%), capaz de desencadenar en algunas personas problemas respiratorios como la rinitis alérgica, razón por la cual son considerados Aero alérgenos. (Cid et al, 2023).

Los resultados de esta investigación concuerdan con los trabajos antes mencionados, lo que da a conocer que nuestra población no está exenta de sufrir problemas alérgicos ocasionados por la concentración de hongos en el aire.

CONCLUSIONES

- Se confirmó la presencia de una gran variedad de especies de microhongos del aire en el interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador.
- Se identificaron y clasificaron 44 especies de microhongos del aire y 2 Micelios Estériles (Hialino y Pigmentado) presentes en el aire al interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador.
- La comunidad de microhongos del aire dentro del Complejo Educativo se encuentra representada principalmente por especies pertenecientes a la División Deuteromycota/Ascomycota con 36 especies, seguido de la División Deuteromycota/Basidiomycota y la División Zygomycota con 4 especies cada una.
- Se establecieron 4 rangos de Densidad Relativa (D.R.%), 29 especies se agruparon en el rango A, con una D.R.% entre 0.05% a 0.35%, 11 especies agrupadas en el rango B, con una D.R.% entre 0.40% a 1.83%, 4 especies en el Rango C, con D.R.% entre 2.38% a 20.53%; los Micelios Estériles (Hialino y Cristalino), se agruparon en el Rango D, con una Densidad Relativa entre 17.66% y 34.04%.
- Para la Frecuencia de ocurrencia, se establecieron 4 rangos por sitio y 4 rangos por muestreo. Para los muestreos, 23 especies se agruparon en el Rango A, de 10 a 20 % de Frecuencia de Ocurrencia, 9 especies en el Rango B, con una F.O.% de 30 a 60%, 12 especies en el Rango C con una F.O.% entre 70 a 100%; los Micelios Estériles (Hialino y Cristalino) se agruparon en el Rango D, con una Frecuencia de Ocurrencia de 100%. Para los sitios de muestreo, en el Rango A se agruparon 31 especies con una F.O.% de 5.56 a 27.78%, en el Rango B, se agruparon 8 especies con una F.O.% entre 33.33% a 66.67%, 5 especies se agruparon en el Rango C con una F.O.% entre 72.22 a 100%. Los Micelios Estériles (Hialino y Cristalino) se agruparon en el Rango D, con una Frecuencia de Ocurrencia de 100%.
- *Cladosporium herbarum* es la especie con mayor presencia dentro del Complejo Educativo, presentando una Densidad Relativa de 20.53% y una Frecuencia de Ocurrencia de 100%, seguida por *Penicillium* sp1, *Torulopsis* sp, *Geotrichum* sp y *Aspergillus glaucus*.

- De acuerdo a los estándares de concentración de hongos en el aire UFC/m³ establecidos por la Organización Mundial de la Salud, 16 de los sitios de muestreo al interior del Complejo Educativo, presentan un nivel de contaminación Alto y los 2 restantes un nivel Medio.
- Se identificaron 30 especies con potencial alergénico presentes en el interior del Complejo Educativo, siendo *Cladosporium herbarum* la especie más abundante.
- El sitio “M1”, correspondiente al Aula Número 1 del sector de los Módulos, fue el que presentó mayor número de colonias de microhongos del aire con un total de 204 colonias, seguido del sitio “M2” correspondiente el Aula Número 2 del sector de Módulos, en este se identificaron 188 colonias. Los sitios con menor número de colonias fueron los sitios “C1” y “B2”, correspondientes a las aulas del bachillerato técnico en Salud con 67 colonias en total cada sitio.
- El muestreo 10, identificado como “M10”, fue en el que se encontró el mayor número de colonias de microhongos del aire, con un total de 247 colonias, seguido del Muestreo número 9, “M9” con 238 colonias, el muestreo con menor número de colonias de microhongos fue el muestreo 7, con 155 colonias y los muestreos 4 y 5, “M4” y “M5” respectivamente, con 163 colonias cada uno.

RECOMENDACIONES

Para la Institución Educativa:

- ✓ Realizar una revisión general en las instalaciones de la institución para identificar zonas y/o inmobiliario que presente daño producido por humedad (presencia de moho).
- ✓ Realizar labores de reparación y limpieza en las zonas afectadas, se recomienda una limpieza con agua y detergente tratando de limitar la generación de polvo para evitar dispersar los microorganismos a otras zonas, en caso no sea posible la reparación y limpieza se debe eliminar el material dañado.
- ✓ Inspeccionar las unidades de aire acondicionado para asegurar su correcto funcionamiento y prevenir que se conviertan en reservorios de microhongos.
- ✓ Mejorar las condiciones de ventilación en las instalaciones y mantener una limpieza constante dentro de los salones de clase evitando la acumulación de polvo y moho.

Para Futuras Investigaciones:

- ✓ Realizar estudios similares donde se establezcan niveles de concentración de hongos en el aire UFC/m³ en diferentes espacios cerrados (escuelas, hospitales, supermercados, oficinas), para identificar la presencia de microhongos y prevenir afecciones a los humanos.
- ✓ Realizar estudios de niveles de concentración de hongos en el aire UFC/m³ en diferentes puntos del país para obtener un panorama general de la concentración de hongos en el aire.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aira, M.; F. Rodríguez; V. Jato & E. Piontelli. (2006). Análisis cuantitativo y cualitativo de la aeromicota aislada de la catedral de Santiago de Compostela (Galicia, España). <https://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/241/219>
- Alexopoulos, C. & C. Mims. (1985). Introducción a la micología. https://www.academia.edu/34371426/Introducci%C3%B3n_A_La_Micolog%C3%ADa_C_Alexopoulos_C_Mims_Omega_1985_pdf
- Alija, B. (2017). Evaluación del bioaerosol fúngico presente en el aire interior de las clínicas de podología de la comunidad de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51798/1/T40983.pdf>
- Almaguer, Michel & Sánchez Espinosa, Kenia & Rojas-Flores, Teresa. (2014). El género Cladosporium en la atmósfera del Occidente de Cuba: pasado, presente y futuro / The genus Cladosporium in the western atmosphere of Cuba: past, present and future. REVISTA CUBANA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. 3. 8-17. https://www.researchgate.net/publication/282130206_El_genero_Cladosporium_en_la_atmosfera_del_Occidente_de_Cuba_pasado_presente_y_futuro_The_genus_Cladosporium_in_the_western_atmosphere_of_Cuba_past_present_and_future/citation/download
- Álvarez, M.; L. Blandón; V. Ceballos; M. Mejía & H. Buriticá. (2017). Aislamiento de microorganismos en diferentes ambientes (Suelo, agua y aire). https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/mente_joven/article/download/3666/3061
- Araujo, J., Rojas, Y., & Yegres, F. (2013). Evaluación aeromicrobiológica en la costa del puerto de La Vela de Coro, patrimonio cultural de la humanidad. Multiciencias, 13(4), 355-362. [Evaluación aeromicrobiológica en la costa del puerto de La Vela de Coro, patrimonio cultural de la humanidad \(redalyc.org\)](https://redalyc.org)

- Araujo, J., Rojas, Y., & Yegres, F. (2019). Evaluación microbiológica de aire interior en tres Museos de la zona UNESCO N° 658 Coro, Venezuela Patrimonio Mundial de la Humanidad. *Ge-Conservacion*, 16, 34-44. <https://doi.org/10.37558/gec.v16i0.564>
- Araujo, J. (2020). Método de Sedimentación Pasiva. https://www.researchgate.net/publication/343948898_METODO_DE_SEDIMENTACION_PASIVA
- Arias, S. (1982). Análisis Cualitativo y Cuantitativo de las distribuciones mensuales de la Micoflora del suelo y aire en una comunidad del “Cerro verde”. Depto. de Biología, Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad de El Salvador.
- Arias, E. & P. Piñeros. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8233/tesis226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Audesirk, T; G. Audersik & B. Byers. (2013). *Biología. La vida en la Tierra Con fisiología*. Novena Edición. https://biologiainsebas.files.wordpress.com/2013/08/biologc3ada_la_vida_en_la_tierra_con_fisiologc3ada_9c2ba_edicic3b3n_.pdf
- Awad, A. & H. Mawla. (2012). Sedimentation with the Omeliansky Formula as an Accepted Technique for Quantifying Airbone Fungi. <http://www.pjoes.com/Sedimentation-with-the-Omeliansky-Formula-r-nas-an-Accepted-Technique-for-Quantifying,88900,0,2.html>
- Barrero, L. (2016). *Microbiología clínica*. <https://www.sintesis.com/data/indices/9788490773185.pdf>
- Ballestero, V & A. Daponte. (2011). <https://www.osman.es/project/calidad-del-aire-interior-guia/>

- Bonifaz, J. (2015). *Micología Médica Básica*. Quinta Edición. <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookID=1529>
- Borrego, S.; I. Perdomo; J. de la Paz; S. Gómez & P. Guiamet. (2011). Relevamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el archivo histórico del museo de La Plata, Argentina y en el archivo nacional de la República de Cuba. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67596>
- Bulacio, J.; S. De Grandis; R. Fernández; A. Gomilla; I. Sfaello; I. Sosa; A. Bressan; M. Brizuela; S. Frack; N. Gait; C. Marchetti; L. Moreno; M. Pieroto; D. Quiroga; L. Maestri; M. Bettini; V. Bravo; J. Mieres; E. Paris; J. Ríos; H. Molina; J. Monreal & L. Tellerías. (2009). *Manual de Salud Ambiental Infantil para la enseñanza de grado en Escuelas de Medicina*. <https://www.minsal.cl/portal/url/item/89523439771f0264e04001011e0131bf.pdf>
- Caridad, M.; S. Restrepo; A. Franco; M. Cárdenas & N. Vargas. (2012). *Biología de Hongos*. <https://ediciones.uniandes.edu.co/Documents/Paginas%20preliminares/Biolog%C3%ADa%20de%20hongos.pdf>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (s.f). *Infecciones por hongos: proteja su salud*. <https://www.cdc.gov/fungal/es/fungal-infections.html>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2019). *Estadísticas de Aspergillosis*. <https://www.cdc.gov/fungal/diseases/aspergillosis/spanish/statistics.html>
- Cepeda, R.; L. Luque; D. Ramírez; P. Franco & M. Fabra. (2019). *Monitoreo de hongos ambientales en laboratorios y reservas patrimoniales bioarqueológicas*. <https://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/1909>
- Cid-Martínez, M. A., Gaspar Génico, J. Ángel, & Hernández González, J. R. (2023). *Aeroalérgenos (Curvularia, Nigrospora y Torula) en una zona urbana de Villahermosa, Tabasco, México*. *Kuxulkab'*, 28(62). <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5062>

- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (2018). El aire: elemento de vida en la tierra. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-aire-elemento-de-vida-en-la-tierra>
- Cruz, A & A. Jiménez. (2006). Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM2.5 Y PM10) en la localidad de Puente Aranda. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1169&context=ing_ambiental_sanitaria
- Daza, M.; D. Martínez & P. Caro. (2015). Contaminación microbiológica del aire interior y el síndrome del edificio enfermo. <https://cutt.ly/5JoyNwO>
- De la Rosa, M.; M. Mosso & C. Ullán. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A/21767>
- Díaz, O. & Z. Somoza. (2011). Principales Neumopatías fúngicas asociadas a VIH/sida en usuarios de la micro red intermunicipal de Berlín, Usulután, año 2011. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4737/1/50107810.pdf>
- Esquivel, R. (1988). Análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la Biblioteca Nacional de El Salvador.
- Esquivel, R. (2019). Manual de laboratorio, Micología General.
- Estrada, G. & M. Ramírez. (2019). Micología General. https://www.ucm.edu.co/wp-content/uploads/2021/03/Micologia_general.pdf
- Frey, D. & E. Durie. (1962). Estimation of air-borne fungus spores: a comparison of slide and culture methods. Mycopath. Mycol. Appl. 16: 229- 303.

- Garcés, E.; M. Correa; B. Coba; M. Orozco; A. Zapata; A. Anacona & S. Sabogal (2003). Morfología y Clasificación de los hongos. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79887>
- García Navarrete, G., Sánchez Cubedo, G. A., López Mazón, S. L., Ochoa Landín, M. E., & Rubio Nieblas, V. (2016). PRESENCIA DE HONGOS EN EL AIRE DE AULAS DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD CENTRO. EPISTEMUS, 10(20), 14–20. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v10i20.16>
- Gimeno, A. (2002). Principales factores condicionantes para el desarrollo de los hongos y la producción de micotoxinas (2-5). <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/principales-factores-condicionantes-desarrollo-t26065.htm>
- Gómez, D.; S. Lavayén; F. Nario; A. Piquin & C. Zotta. (2011). Detección de microorganismos potencialmente patógenos en hogares de Mar de Plata. <https://www.redalyc.org/pdf/535/53521520005.pdf>
- Google Maps. (2022). Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue. <https://cutt.ly/UHTGAOR>
- Gregory, P. (1960). Outdoor aerobiology. Endeavour 19 (76): 445-453.
- Guardino, X. (2012). Calidad del aire interior. <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+44.+Calidad+del+aire+interior>
- Herrera, C. (2005). Población fúngica aérea, en zonas boscosas del parque nacional Walter Thilo Deininger, La Libertad, El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8836/1/19200751.pdf>
- Herrera, K.; O. Cobar; R. Barrios; K. Pierola; W. Chamalé; C. Rosales; J. Quan; M. Moreno; J. Paxtor & J. Maas. (2015). Evaluación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos colecciones biológicas de la ciudad de Guatemala. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5263264>

- Jiménez-Hernández VG, Guzmán-Grijalva HM, García-Navarrete G. (2022). Microbiota fúngica del aire interior de un Centro de Desarrollo Infantil en zona árida. TIP Rev Esp Cienc Quim Biol. 2022;25(1):1-9. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2022000100201
- Katz, M. (2011). Materiales y materias primas, Capitulo 2 Aire. <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/aire.pdf>
- Kuhar, F.; V. Castiglia & L. Papinutti. (2013). Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos. https://www.researchgate.net/publication/236974815_Reino_Fungi_morfologias_y_estructuras_de_los_hongos
- Lanchipa, T.; Y. Rodríguez & J. Choquegonza. (2019). Caracterización micológica del ambiente aéreo en áreas críticas del centro de salud Ciudad Nueva, Tacna. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_bb0aea41a4fe1c7e0403ee2629a2d258
- Lanza, N.; C. Bustos; M. Marfil & N. Guida. (2018). Composición de bioaerosoles ambientales en corrales. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S160991172018000400044&lng=pt&nrm=iso
- Mantilla, Y.; E. Tuta; A. Brito & L. Clavijo (2021). Candidiasis y Candida albicans. <http://iaes.edu.ve/iaespro/ojs/index.php/bmsa/article/view/334>
- Martínez, D. (2021). Biodiversidad y distribución de macromicetes a través de un gradiente altitudinal en el volcán de San Vicente, El Salvador. https://www.researchgate.net/publication/349616285_Biodiversidad_y_distribucion_de_Macromicetes_a_traves_de_un_gradiente_altitudinal_en_el_volcan_de_San_Vicente_El_Salvador
- 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.

- Martínez, R.; M. Urías; P. Panameño & J. Joya. (2018). Identificación de Hongos del aire en el Área Metropolitana de San Salvador. Febrero -junio 2018. http://biblio.uls.edu.sv/index.php?lvl=notice_display&id=14468
- Méndez, C.; J. Camacho & S. Hernández. (2015). Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia. <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v17n5/v17n5a07.pdf>
- Menjivar, V. (1993). Análisis comparativo de la aeromicrología del Hospital Rosales y Hospital Neumológico de los Planes de Renderos.
- Miquel, P. & R. Cambert. (1901). *Traité de bacteriologie pure et appliqueé*. Ed. Masson et Cia, Paris.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2002). Decreto 40. Por el cual se establece el Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/reglamento-especial-de-normas-tecnicas-de-calidad-ambiental/>
- Miranda, A.; J. Castellanos & V. Díaz. (2020). Propágulos fúngicos y partículas presentes en fosas nasales de voluntarios en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. <https://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/RICA.53329>
- Molina, E. (2015). Contaminantes biológicos del aire interior de la vivienda: factores contribuyentes, afecciones relacionadas y medidas correctivas. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S156130032015000100008
- Molina-Veloso, Alian, & Borrego-Alonso, Sofía F. (2017). Hongos alergénicos viables en un depósito documental del Archivo Nacional de Cuba. *Revista alergia México*, 64(1), 40-51. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.234>
- Morales, H. (2011). Mohos productores de micotoxinas. <https://core.ac.uk/download/pdf/185627955.pdf>

- Moreno, M.; & J. Paxton. (2014). Determinación de la contaminación del aire por hongos microscópicos en dos museos de la ciudad de Guatemala.
<https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB1081.pdf>
- Navarro, E. (2013). Micología Veterinaria.
<https://repositorio.una.edu.ni/2470/1/nl73n322.pdf>
- New York City Department of Health and Mental Hygiene (NYC DOHMH). (2008). Pautas para la Evaluación y Eliminación de Hongos en Ambientes Interiores.
<https://www.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf/epi/epi-mold-guidelines-sp.pdf>
- Noriega-Cantú, David H., Toledo-Aguilar, Rocío, Vasquez-Ortiz, Romualdo, Alejo-Jaimes, Antonino, Garrido-Ramírez, Eduardo R., Pereyda-Hernández, Juan, & González-Mateos, Ricardo. (2020). Relación entre fluctuaciones de esporas, condiciones ambientales y severidad del manchado y tizón de cáliz de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). Revista mexicana de fitopatología, 38(1), 1-24. Epub 27 de noviembre de 2020.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092020000100101
- Organización Mundial para la Salud (OMS). (2009). Mohos de ambientes interiores.
<https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/who-indoor-air-mould.pdf>
- Pachés, G. & M. Aguas. (2019). Sistema de clasificación de los seres vivos.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/118401>
- Pady, S.; C. Kramer & B. Wiley. (1964). Kansas aeromycology XIII. Diurnal studies 1959-1960. Mycologia 55 (4): 380-401.
- Pakpour, S, De-Wei, LI, Klironomos, J. 2015. Relationships of fungal spore concentrations in the air and meteorological factors. Fungal Ecology 13: 130-134.
<https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.09.008>

- Panica, C.; D. Condorí; M. Azar; A. Herrera; L. Carrillo & R. Benítez. (2015). Desarrollo de un sistema de Identificación de Hongos más comunes en alimentos para la cátedra de microbiología agrícola.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49143/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Parada, E. (1996). Estudio Aeromicológico en época seca de los hospitales San Juan de Dios y Centro Médico de Oriente, Departamento de San Miguel.
- Pathak, V. & S. Pady. (1965). Numbers and viability of certain Airbone fungus spores. *Mycologia* 57: 301-310.
- Pérez, I.C., & Espinosa, K.C. (2019). Aspectos fisiológicos del género *Cladosporium* desde la perspectiva de sus atributos patogénicos, fitopatogénicos y biodeteriorantes / Physiological aspects of the *Cladosporium* genus from the perspective of its pathogenic, phytopathogenic and biodeteriorant attributes. <https://www.semanticscholar.org/paper/Aspectos-fisiol%C3%B3gicos-del-g%C3%A9nero-Cladosporium-desde-P%C3%A9rez-Espinosa/f46bc8325a86267fbd5025161855e3eef1710c86>
- Pontón, J.; M. Dolores; J. Gené; J. Guarri & G. Quindós. (2002). Hongos y actinomicetos alérgicos. <https://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com/>
- Quintanilla, C. & M. Rivera. (2003). Determinación de partículas respirables y hongos microscópicos en interiores de seis bibliotecas de la Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5759/>
- Ripe, E. (1962). Mould allergy I. An investigation of the airborne fungal spores in Stockholm, Sweden. *Acta Allergol.* 17: 130-159.
- Rocha, A.; M. Alvarado & M. Guzmán. (2020). Aeromicrofunga del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León. Incidencia de *Epicoccum*, *Ganoderma*, *Pithomyces* y *Torula*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/sf/v50/2594-1321-sf-50-e1291.pdf>

- Rodríguez, C. R. Zhurbenko. (2018). Manual de medios de cultivo. <https://www.biocen.cu/wp-content/uploads/2021/05/Manual-MC-2018.pdf>
- Rodríguez, J. (2016). Evaluación aeromicrobiológica del depósito del Centro de Documentación del Museo Nacional de la Música de Cuba. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590165>
- Rodríguez, J; B. Rodríguez & A. Borrego. (2014). Evaluación de la calidad micológica ambiental del depósito de fondos del Museo Nacional de la música de Cuba en época de lluvia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6585861>
- Rodríguez, A; T. Méndez & K. Moreno. (2010). Sensibilización a alérgenos fúngicos como causa de enfermedad respiratoria alérgica. Extractos alergénicos de hongos para diagnóstico y tratamiento. Inmunoterapia / Sensibilización a alérgenos de hongos como causa de enfermedad alérgica respiratoria. Alérgenos para el diagnóstico y tratamiento de las alergias a hongos. Inmunoterapia. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-966353>
- Sánchez, K. & M. Almaguer. (2014). Aeromicología y salud humana. https://www.researchgate.net/publication/282130539_Aeromicologia_y_salud_humana_Aeromycology_and_human_health
- Schwela, D. & B. Goelzer. (s.f). Gestión de la Contaminación ambiental. Control de la contaminación ambiental. <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+55.+Control+de+la+contaminaci%C3%B3n+ambiental>
- Sociedad Andaluza de Medicina Preventiva Salud Pública (SAMPSP). (2016). Recomendaciones para la monitorización de la calidad microbiológica del aire (bioseguridad ambiental) en zonas hospitalarias de riesgo. <https://www.sociedadandaluzapreventiva.com/wp-content/uploads/Borrador-protocolo-bioseguridad-SAMPSP.pdf>
- Solomon, E.; L. Berg & D. Martin. (2013). Biología. Novena edición.

- Thermo Fisher Scientific Inc. (2022). Cladosporium herbarum, Hoja Informativa de Alérgenos. <https://www.thermofisher.com/allergy/wo/es/allergen-fact-sheets/cladosporium-herbarum.html>
- Topographic-map.com. (s.f). Mapa topográfico San Jacinto. <https://es-sv.topographic-map.com/map-mlvj1h/Cerro-de-San-Jacinto/?center=13.68693%2C-89.19317&zoom=17&popup=13.68565%2C-89.193>
- Torres, J.; Y. Morera & O. López. (s.f.). *Candida glabrata*: Un patógeno Emergente. <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/cglabra.pdf>
- Umaña, R. (1987), Análisis cualitativo, cuantitativo y comparación de las especies fúngicas presentes en el interior de las casa y edificios, durante las épocas seca y lluviosa en el área de San Salvador.
- Vargas, T. & L. Villazante. (2014). Clasificación de los microorganismos. http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S230437682014000500002&script=sci_abstract
- Vargas, P. & R. Zardoya. (2012). El árbol de la vida: Sistemática y evolución de los seres vivos. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/1742751-el-arbol-de-la-vida-sistematica-y-evolucion-de-los-seres-vivos>
- Vásquez, A. (2007). Caracterización biológica del hongo *Aspergillus sp* encontrada en las semillas de *Caesalpinia coriaria* (Nacazcol) y su impacto en la salud del Medio Ambiente. Año 2007. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/674/1/Caracterizacion_biologica_del_hongo_Aspergillus_sp_y_su_impacto_en_la_sa.pdf
- Weather Spark. (2016). El clima y el tiempo promedio en todo el año en San Salvador, El Salvador. <https://es.weatherspark.com/y/12243/Clima-promedio-en-San-Salvador-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXOS

Anexo 1. Valores máximos permisibles de los contaminantes del aire en El Salvador de acuerdo al MARN.

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES	PERIODO
Dióxido de Azufre (SO ₂)	ug / m ³	80	Anual
Dióxido de Azufre (SO ₂)	ug / m ³	365	24 horas
Monóxido de carbono (CO)	ug / m ³	10,000	8 horas
Monóxido de carbono (CO)	ug / m ³	40,000	1 hora
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	ug / m ³	100	Anual
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	ug / m ³	150	24 horas
Ozono	ug / m ³	120	8 horas
Ozono	ug / m ³	60	Anual
Partículas inhalables (PM ₁₀)	ug / m ³	50	Anual
Partículas inhalables (PM ₁₀)	ug / m ³	150	24 horas
Partículas inhalables (PM _{2.5})	ug / m ³	15	Anual
Partículas inhalables (PM _{2.5})	ug / m ³	65	24 horas
Partículas totales suspendidas	ug / m ³	75	Anual
Partículas totales suspendidas	ug / m ³	260	24 horas
Plomo (Pb)	ug / m ³	0.5	Anual

Fuente: MARN, 2002.

A nivel de país todavía no se han establecido niveles de concentración de hongos en el aire, sin embargo, estos se incluirían dentro de las partículas inhalables.

Anexo 2. Condiciones ambientales de temperatura, humedad y precipitación registrados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) durante el 2022.

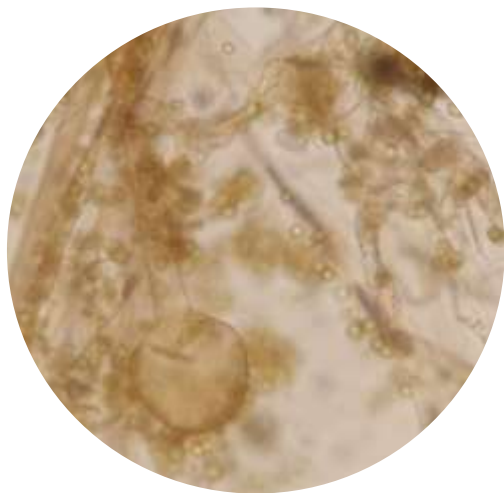
MES	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Junio	25.6 °C	297.5 mm
Julio	26.6 °C	321.1 mm
Agosto	26.1 °C	446.4 mm
Septiembre	25.9 °C	358.1 mm
Octubre	25.9 °C	290.6 mm

Fuente: MARN, 2022.

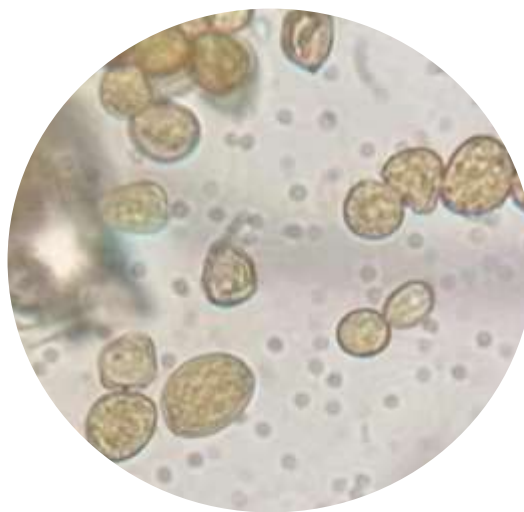
- ❖ Durante las primeras semanas de julio de 2022 el ciclón tropical Bonnie tuvo influencia sobre nuestro país, coincidiendo con la semana en que se realizó el muestreo 2 (M2).
- ❖ Durante el mes de agosto de 2022, los muestreos 4 (M4) y 5 (M5) se llevaron a cabo en semanas en las que se registró el paso de Ondas Tropicales. (MARN, 2022).

Anexo 3. Fotografías tomadas durante la fase de identificación de las especies encontradas en los muestreos realizados al interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, en el periodo de junio a octubre de 2022.

División ZYGOMYCOTA

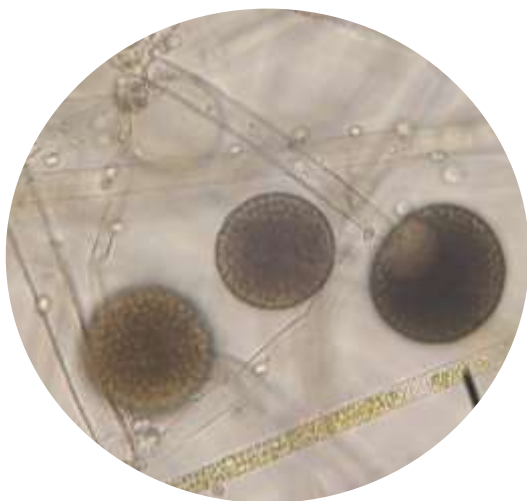


400X

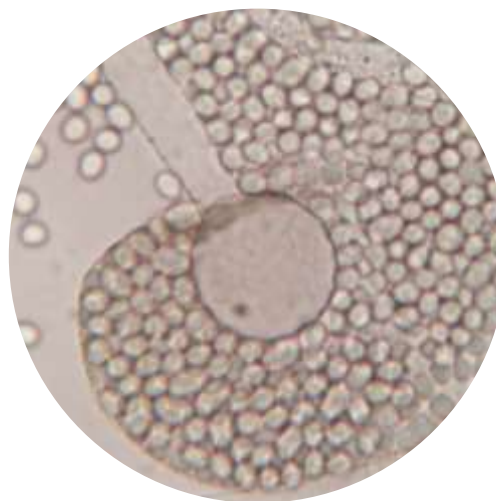


1000X

Vistas microscópicas de *Choanephora* sp.



400X

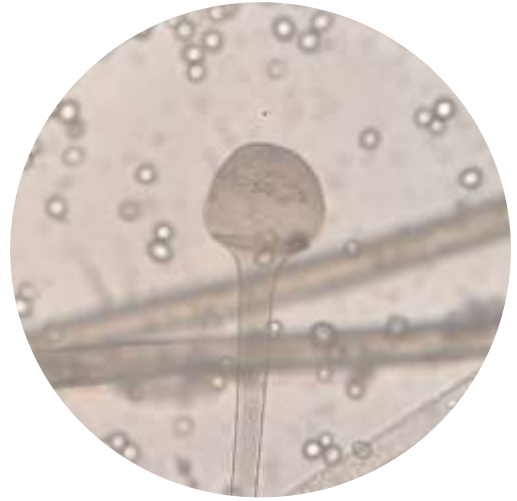


1000X

Vistas microscópicas de *Mucor* sp.



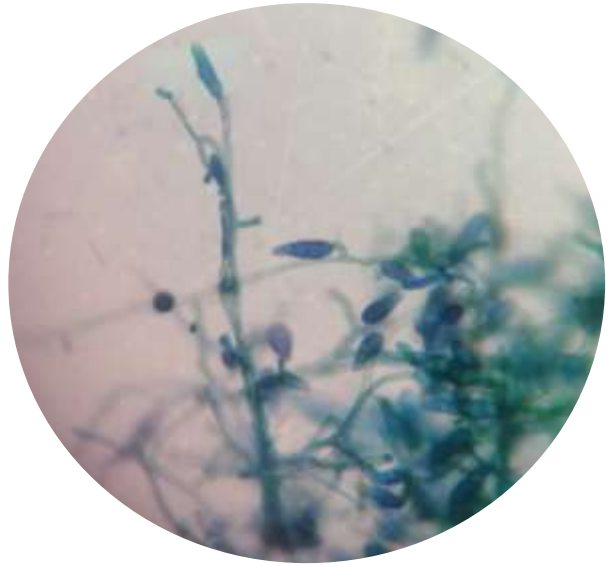
400X



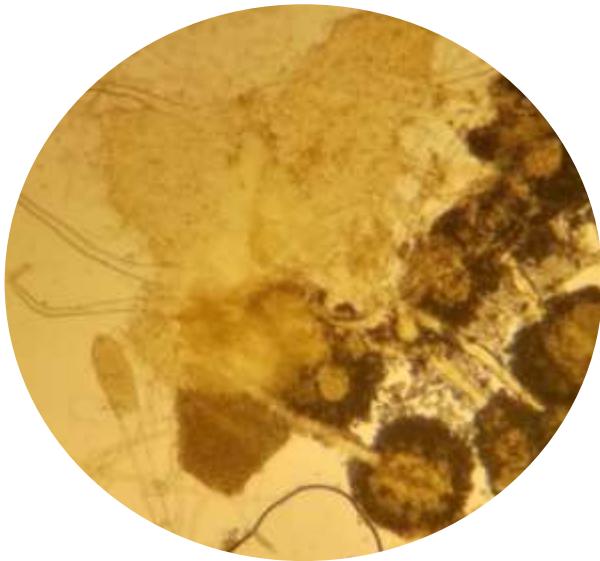
1000X

Vista microscópica de *Rhizopus* sp.

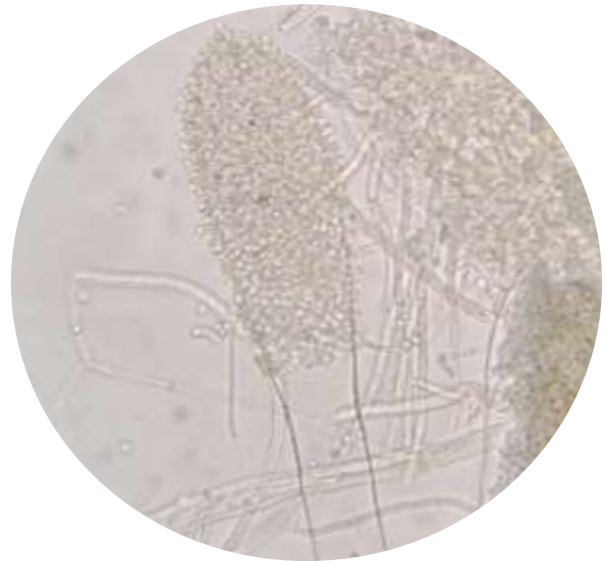
División DEUTEROMYCOTA / ASCOMYCOTA



Vistas microscópicas de *Alternaria* sp, aumento de 1000X

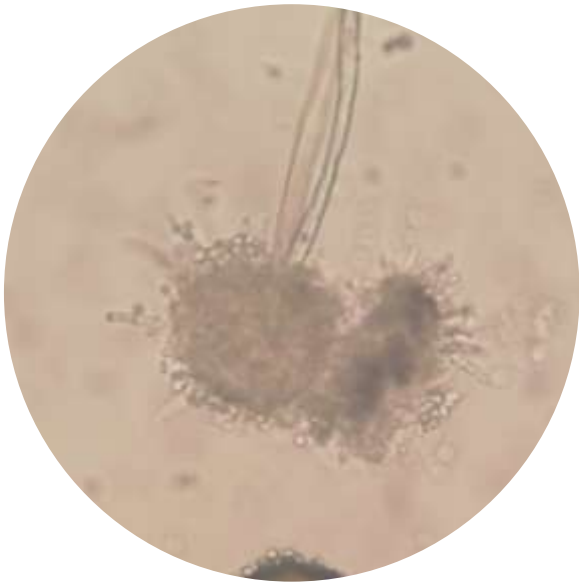


400X

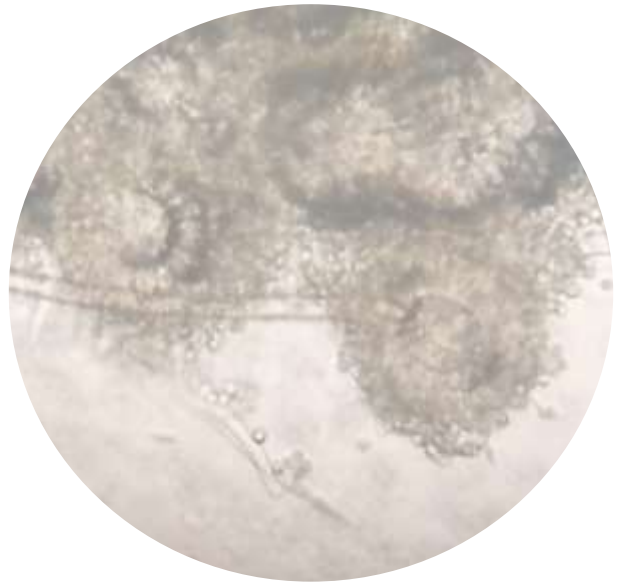


1000X

Vistas microscópicas de *Aspergillus clavatus*.

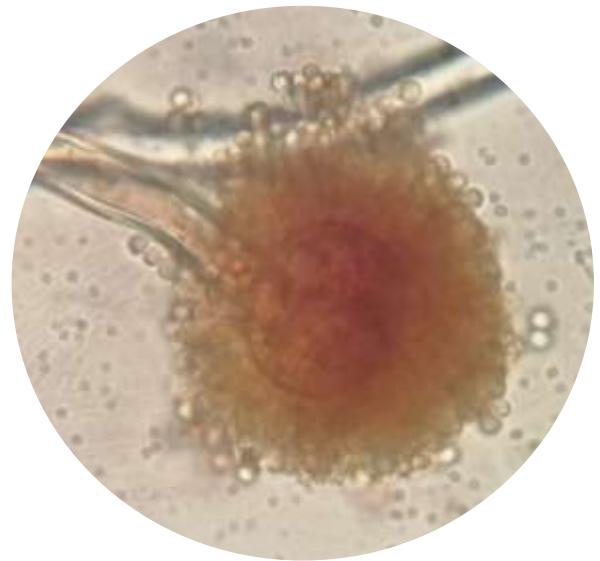


400X

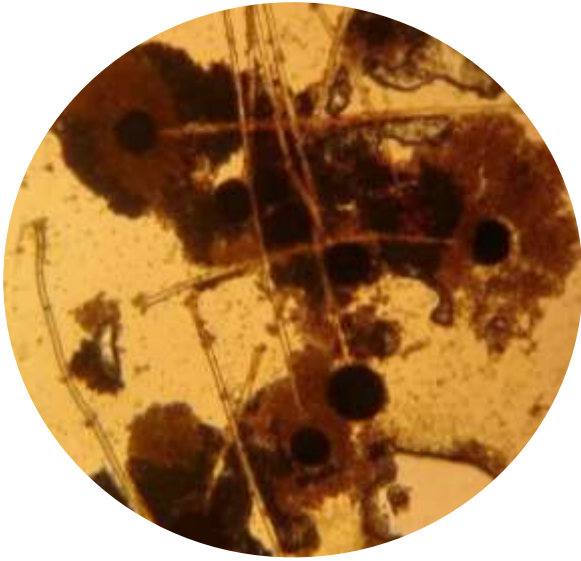


1000X

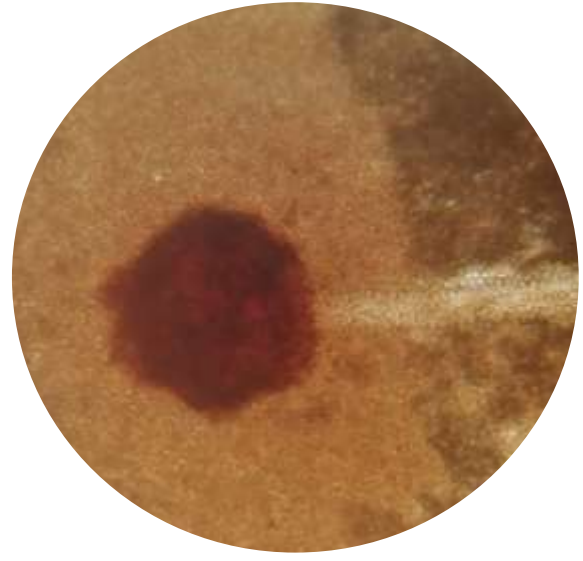
Vistas microscópicas de *Aspergillus fumigatus*.



Vistas microscópicas de *Aspergillus glaucus*, aumento de 1000X



400X

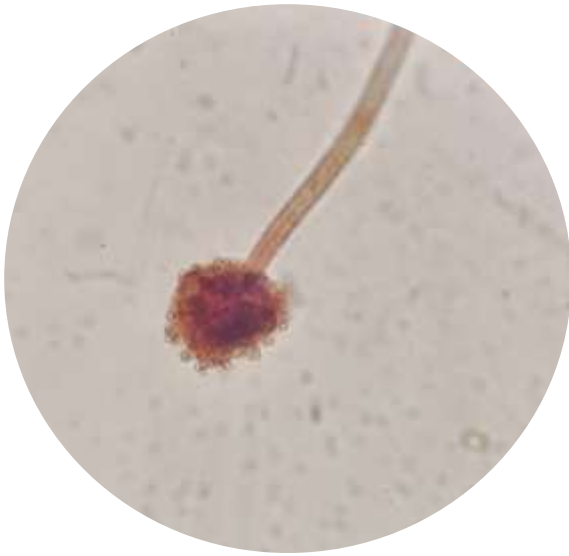


1000X

Vistas microscópicas de *Aspergillus niger*.



Vistas microscópicas de *Aspergillus oryzae*, aumento de 1000X

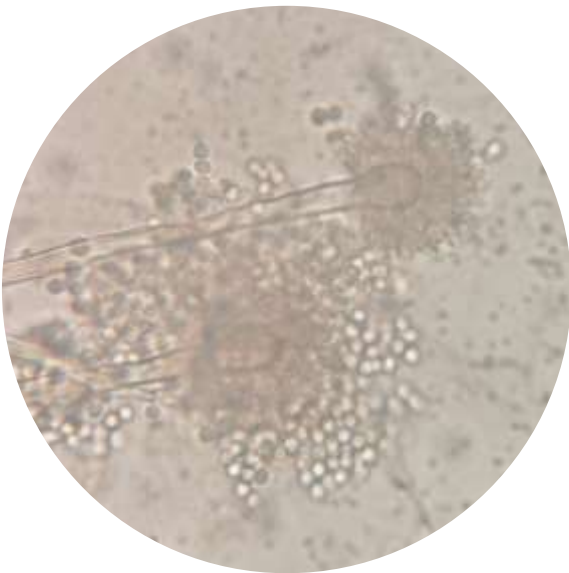


400X

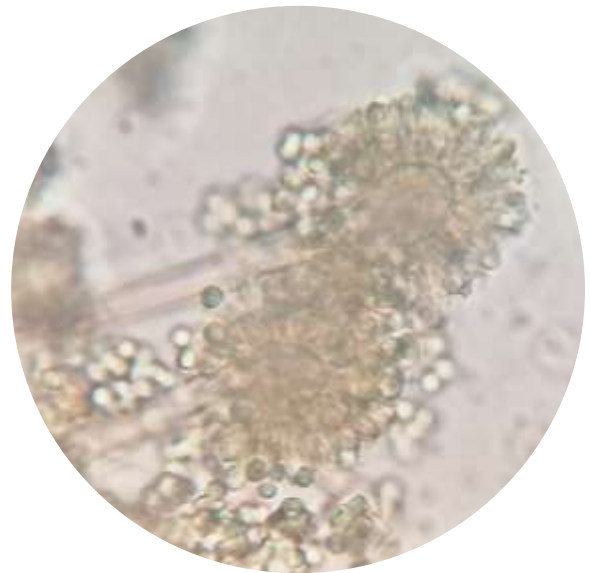


1000X

Vistas microscópicas de *Aspergillus tamarii*.

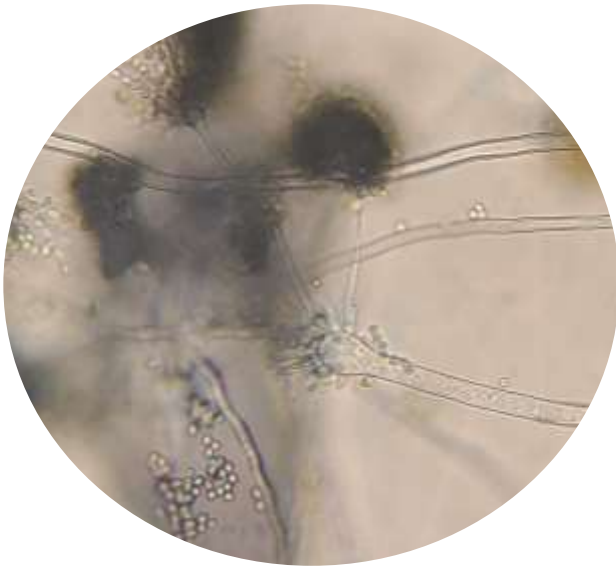


400X



1000X

Vistas microscópicas de *Aspergillus versicolor*.

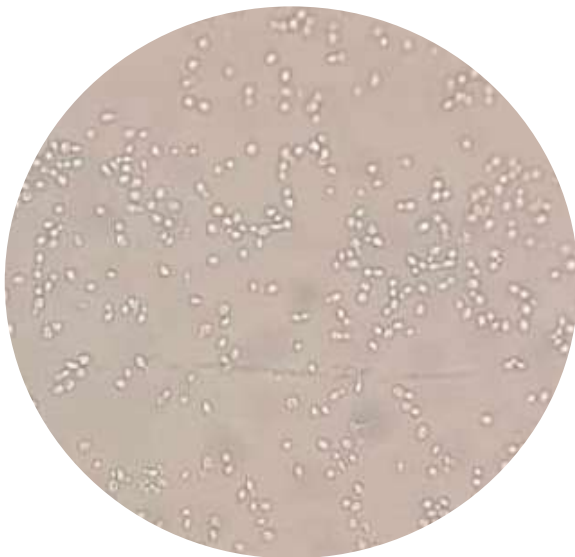


Aspergillus sp1

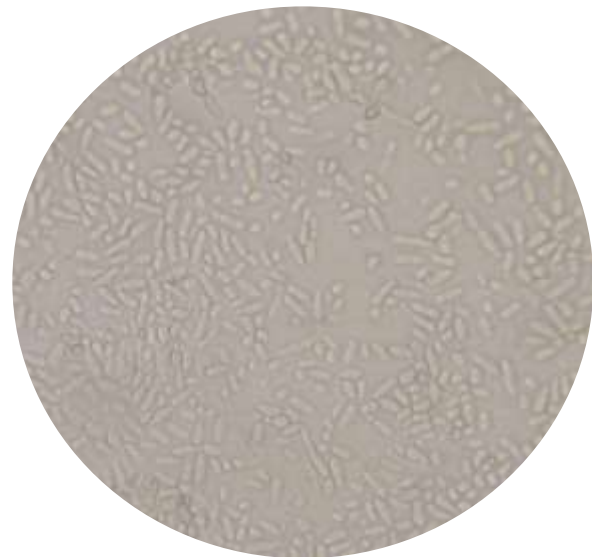


Aspergillus sp2

Vistas microscópicas de *Aspergillus* sp, aumento de 1000X

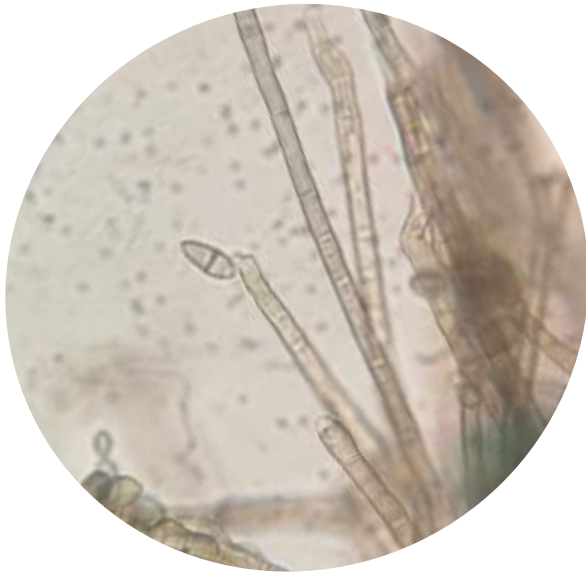


400X



1000X

Vistas microscópicas de *Candida* sp.



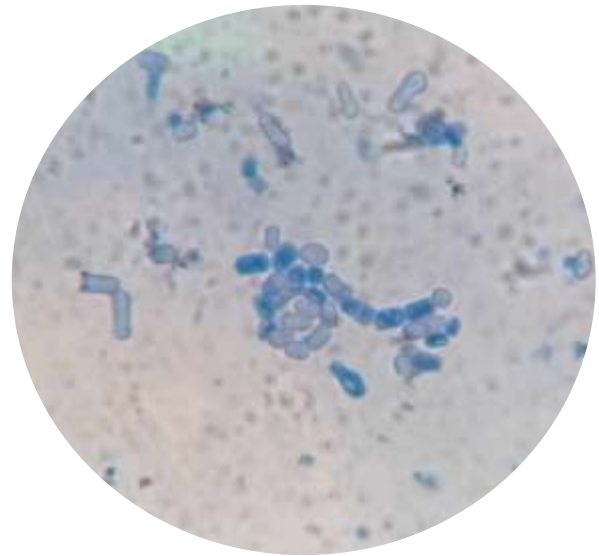
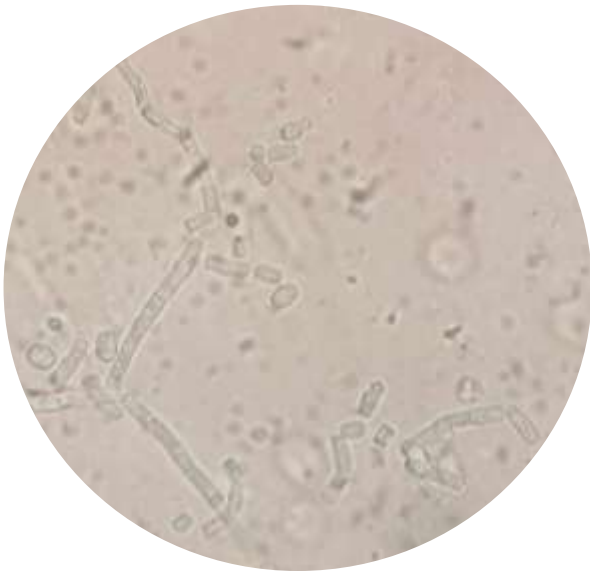
Vistas microscópicas de *Cladosporium herbarum*, aumento de 1000X



Vistas microscópicas de *Curvularia lunata*, aumento de 1000X



Vistas microscópicas de *Fusarium* sp, aumento de 1000X



Vistas microscópicas de *Geotrichum* sp, aumento de 1000X

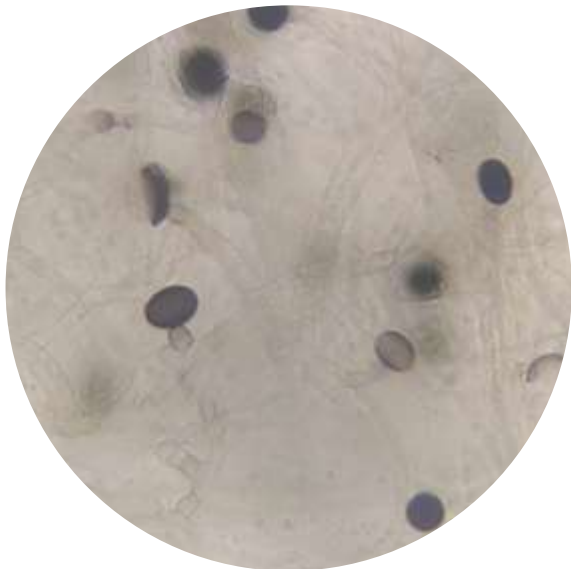


400X



1000X

Vistas microscópicas de *Gliocladium roseum*.

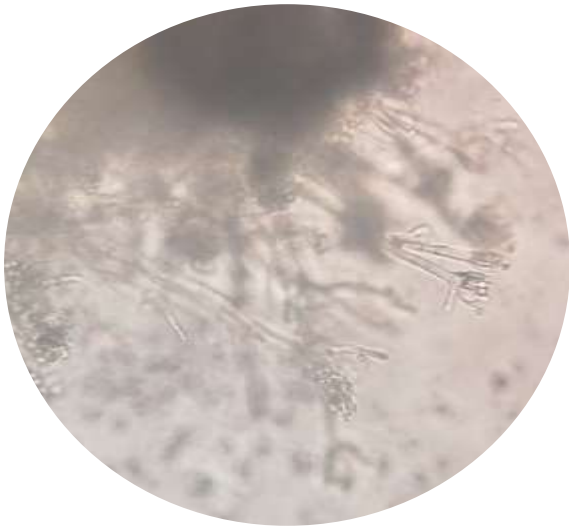


400X

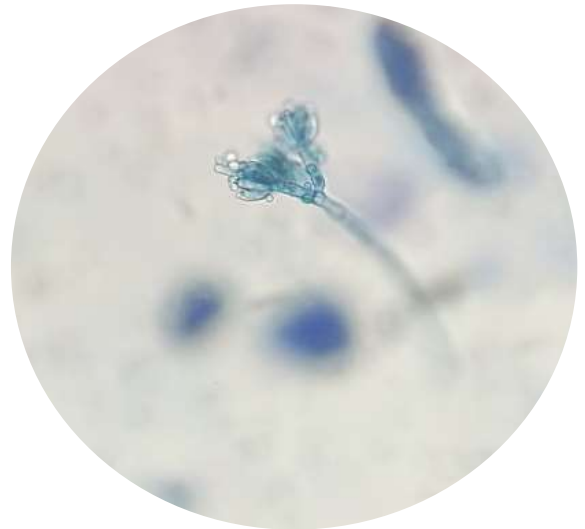


1000X

Vistas microscópicas de *Nigrospora* sp.

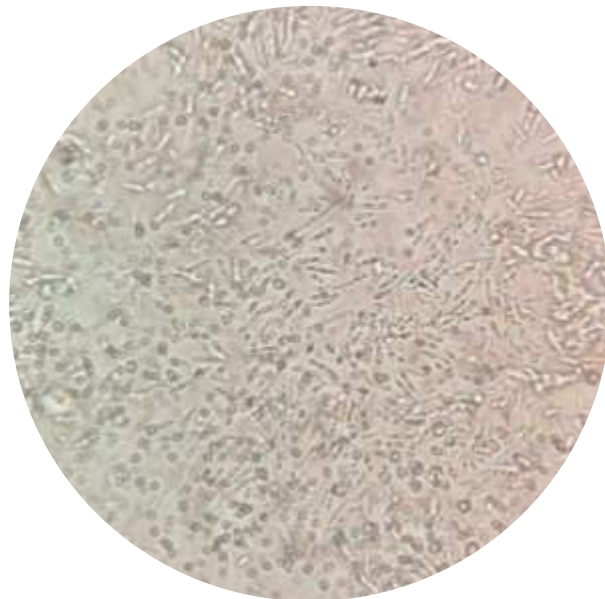


400X

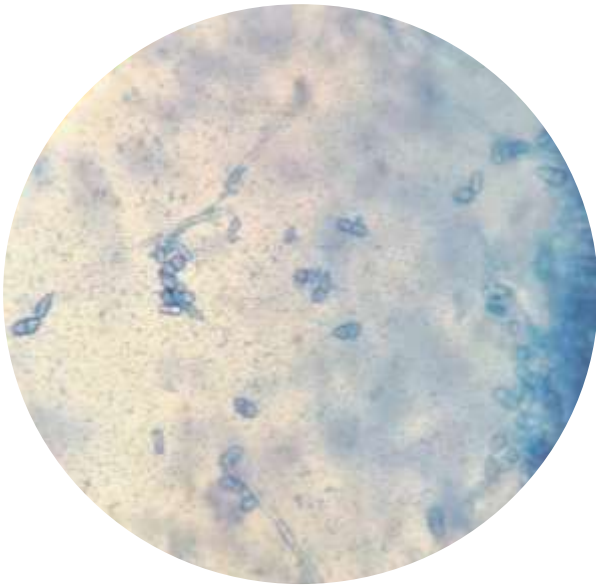


1000X

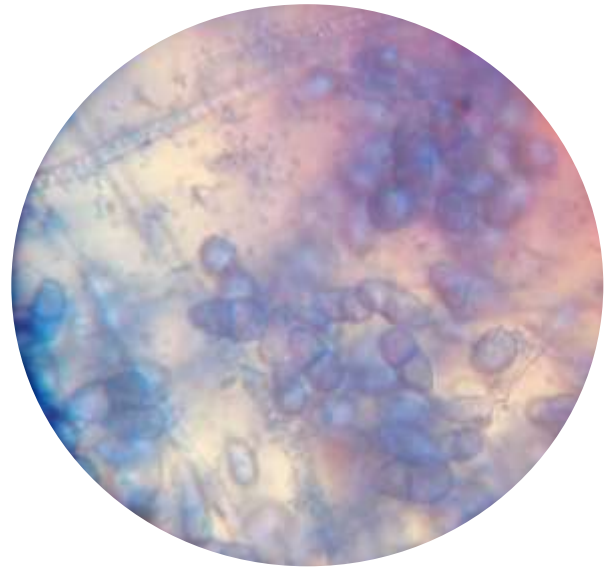
Vistas microscópicas de *Penicillium* sp.



Vista microscópicas de *Torulopsis* sp.



400X



1000X

Vistas microscópicas de *Trichothecium roseum*.



Vistas microscópicas de *Verticillium* sp, aumento de 1000X



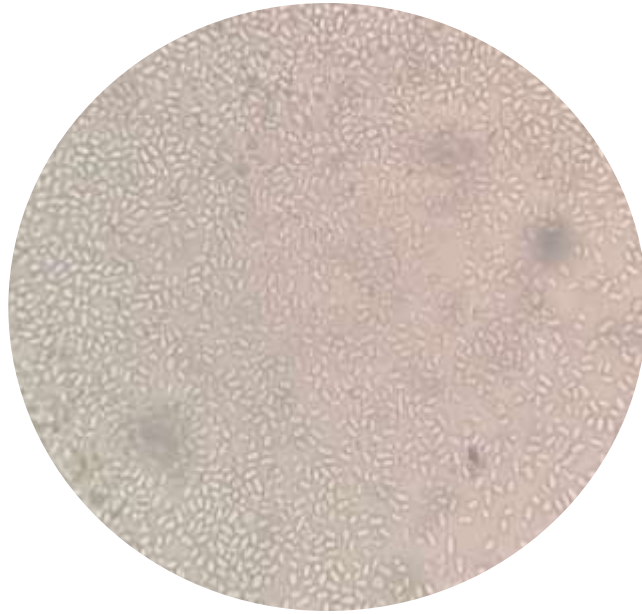
400X



1000X

Vistas microscópicas de *Zygosporium* sp.

División DEUTEROMYCOTA / BASIDIOMYCOTA



Vista microscópicas de *Rhodotorula* sp.

División DEUTEROMYCOTA



Vista microscópica de un Micelio Estéril Hialino, aumento de 1000X



Vista microscópica de un Micelio Estéril Pigmentado, aumento de 1000X