



Revista MINERVA

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

Artículo Científico | Scientific Article

Análisis cuantitativo y cualitativo de los microhongos del aire al interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergúe, San Salvador, El Salvador

Quantitative and qualitative analysis of microfungus in the air inside the Dr. Humberto Romero Alvergúe Educational Complex, San Salvador, El Salvador

Eliseo Antonio Ramírez López^{1,2}, Rhina Esmeralda Esquivel Vásquez^{1,3}

1 Universidad de El Salvador

2  <https://orcid.org/0009-0000-6786-4063>

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

RESUMEN

Con el fin de conocer y clasificar taxonómicamente los microhongos del aire presentes en el “Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergúe”, ubicado en San Salvador, se realizó el estudio utilizando el método de Sedimentación Pasiva o de Omeliansky. 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 sitio se expuso una caja Petri con medio de cultivo durante 10 minutos a una altura de 1.50 m, los muestreos se realizaron durante los meses de junio a octubre de 2022, durante la mañana. La identificación se realizó en el laboratorio de micología de la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador. 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, Deuteromycota/Ascomycota y Deuteromycota/Basidiomycota. Los micelios estériles se clasificaron como Deuteromycota. Como resultado, 16 de los

DOI: <https://doi.org/10.66778/RM.v09ed01.07>

Enviado: 11 de abril de 2025

Aceptado: 06 de octubre de 2025

Palabras clave: Microhongos, aire, sedimentación pasiva, medio de cultivo, PDA, caja Petri, contaminación, UFC/m³, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium*, *Aspergillus*, Micelios Estériles.

Keywords: Microfungi, air, passive sedimentation, culture medium, PDA, Petri dish, contamination, CFU/m³, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium*, *Aspergillus*, Sterile Mycelia.



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

sitios de muestreo presentaron un nivel de contaminación alta con una concentración superior a 500 UFC/m³. Mientras que 2 sitios, presentan un nivel de contaminación medio, de acuerdo a los estándares de concentración de microhongos en el aire UFC/m³ establecidos por la OMS. Adicionalmente se determinó que un total de 30 especies tienen un potencial alergénico. *Cladosporium herbarum* y *Penicillium* sp1 fueron las especies con mayor densidad en este estudio, mientras que el género *Aspergillus*, presentó el mayor número de especies con 12 especies diferentes.

ABSTRACT

In order to know and taxonomically classify the airborne microfungi present in the "Dr. Humberto Romero Alvergue Educational Complex", located in San Salvador, the study was carried out using the Passive Sedimentation or Omeliansky method. The culture medium used was Potato Dextrose Agar (PDA), added with antibiotic. For the research, 18 sampling sites were established inside the educational complex, at each site a Petri dish with culture medium was exposed for 10 minutes at a height of 1.50 m. The samplings were carried out during the months of June to October 2022, during the morning. The identification was carried out in the mycology laboratory of the School of Biology of the University of El Salvador. A total of 2021 fungal colonies were counted, corresponding to 44 different species and two Sterile Mycelia (Pigmented and hyaline). The identified species were grouped into the divisions Zygomycota, Deuteromycota/Ascomycota and Deuteromycota/Basidiomycota. Sterile mycelia were classified as Deuteromycota. As a result, 16 of the sampling sites presented a high level of contamination with a concentration higher than 500 CFU/m³. While 2 sites present a medium level of contamination, according to the standards of concentration of microfungi in the air CFU/m³ established by the WHO. Additionally, it was determined that a total of 30 species have allergenic potential. *Cladosporium herbarum* and *Penicillium* sp1 were the species with the highest density in this study, while the genus *Aspergillus*, presented the highest number of species with 12 different ones.

INTRODUCCIÓN

Los hongos y sus estructuras reproductivas forman parte de los principales bioaerosoles de la atmósfera y 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 y Mims, 1985; Estrada y 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 y Almaguer, 2014; Bonifaz, 2015).

Los microhongos están presentes en ambientes internos, 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. (Sánchez y Almaguer, 2014). 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; 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. La investigación servirá como una base para futuros proyectos relacionados al área de los microhongos presentes en el aire.

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.).

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).

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, utilizando el método “Propuesto por Omeliansky”, también llamado gravimétrico o de sedimentación pasiva, este ha sido comparado con los métodos de impacto y filtración demostrando ser un método confiable para la cuantificación de microorganismos (Bacterias y hongos) (Awad y Mawla, 2012).

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. Las muestras obtenidas se rotularon de acuerdo

a un código (Tabla 1), finalmente las muestras se trasladaron al Laboratorio de Micología de la Escuela de Biología, donde se incubaron a temperatura ambiente durante cinco días aproximadamente.

Metodología de Laboratorio

El trabajo en el laboratorio se dividió en dos fases:

Preparación del medio de cultivo

Para el estudio se utilizó el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), combinado con agar-agar para obtener una mejor consistencia y un antibiótico (amoxicilina), el medio fue esterilizado junto a las cajas Petri en autoclave mediante el método de calor latente.

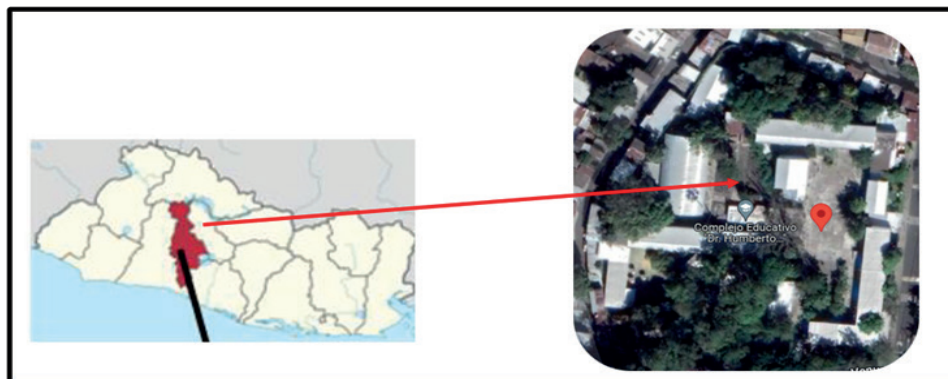
Identificación de los microhongos

Después del período de incubación y al evidenciar el desarrollo de las colonias fúngicas, se realizó la identificación de los microhongos. Las colonias 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 las colonias para identificar estructuras asexuales (conidióforos o esporangióforos), de ser necesario se realizó la inoculación de algunos especímenes y la tinción de 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*.

Figura 1

Ubicación del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue



Nota. Google Maps (2022).

Tabla 1

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

N.º 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

Tabla 2

Estándares de concentración de hongos en el aire (UFC/m³) establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Adaptado de Araujo (2020)

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

ANÁLISIS DE DATOS

Se obtuvo el número de colonias y se determinaron las especies de 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). 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 fórmulas utilizadas en estudios previos (Figura 2). (Arias, 1982, citado en Herrera 2005).

La determinación de las unidades formadoras de colonias UFC/m³ se realizó de acuerdo a la fórmula de Omeliansky (Rodríguez, 2016). 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) (Tabla 2). (OMS, 2020).

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

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 (Tabla 3).

La mayoría de especies identificadas pertenecen a la División Deuteromycota/Ascomycota, *Cladosporium herbarum* presentó 415 colonias, *Penicillium* sp1 153, *Torulopsis* sp1 83 *Geotrichum* sp 48 y *Aspergillus glaucus* con 37 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, con un menor número de colonias, mientras que una gran cantidad fueron clasificadas. como Micelios Estériles Hialinos (688) y Pigmentados (357) por no presentar estructuras reproductoras.

Tabla 3

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

División	Géneros	N.º 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>	

División	Géneros	N.º de especies
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Aspergillus sp1</i>	4
	<i>Aspergillus sp2</i>	
	<i>Aspergillus tamaraii</i>	
	<i>Aspergillus terreus</i>	
	<i>Aspergillus ustus</i>	
	<i>Aspergillus versicolor</i>	
	<i>Aureobasidium sp1</i>	
	<i>Aureobasidium sp2</i>	
	<i>Candida sp</i>	
	<i>Cladosporium herbarum</i>	
	<i>Curvularia sp</i>	
	<i>Fusarium sp1</i>	
	<i>Fusarium sp2</i>	
	<i>Geotrichum sp</i>	
	<i>Gliocladium roseum</i>	
	<i>Gliocladium virens</i>	
	<i>Humicola sp1</i>	
	<i>Humicola sp2</i>	
	<i>Humicola sp3</i>	
	<i>Nigrospora sp</i>	
	<i>Oidium sp</i>	
	<i>Penicillium sp1</i>	
	<i>Penicillium sp2</i>	
	<i>Penicillium sp3</i>	
	<i>Torulopsis sp1</i>	
	<i>Torulopsis sp2</i>	
	<i>Trichothecium roseum</i>	
	<i>Verticillium sp</i>	
	<i>Zygosporium sp</i>	
Deuteromycota / Basidiomycota	<i>Rhizoctonia sp1</i>	4
	<i>Rhizoctonia sp2</i>	
	<i>Rhodotorula sp</i>	
	<i>Trichosporon sp</i>	
Deuteromycota	<i>Micelio Estéril Hialino</i>	2 M. E
	<i>Micelio Estéril Pigmentado</i>	
TOTAL		46

Densidad Relativa y Frecuencia de Ocurrencia

Se establecieron rangos para agrupar las especies identificadas de acuerdo a la Densidad Relativa, la especie fúngica con mayor cantidad de colonias fue *Cladosporium herbarum* con una D.R = 20.53%, seguida de *Penicillium* sp1 con una D.R = 7.57%, *Torulopsis* sp1 con una D.R = 4.11%, *Geotrichum* sp1 con una D.R = 2.38% y *Aspergillus glaucus* con una D.R = 1.83% (Tabla 4). Los Micelios Estériles Hialinos presentaron una DR = 34.04%, mientras que los Micelios Pigmentados una DR = 17.66%.

Tabla 4

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

Rango	D.R. (%)	N. ° de especies
Rango A	0.05% - 0.35%	29
Rango B	0.40% - 1.83%	11
Rango C	2.38% - 20.53%	4
Rango D	17.66% - 34.04%	2 M.E.

Las especies identificadas fueron agrupadas en cuatro rangos de acuerdo a su Frecuencia de Ocurrencia por Muestreo (Tabla 5), la especie con mayor Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) por muestreo fue *Cladosporium herbarum* con una F.O = 100%, seguida de *Fusarium* sp1, *Penicillium* sp1, *Torulopsis* sp1 y *Rhodotorula* sp, estas especies obtuvieron una F.O = 90%. Los Micelios Estériles Hialino y Pigmentado presentaron una Frecuencia de Ocurrencia de 100%.

Tabla 5

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

Rango	F.O. (%)	N. ° de especies
Rango A	10% - 20%	23
Rango B	30% - 60%	9
Rango C	70% - 100%	12
Rango D	100%	2 M.E.

Se establecieron también cuatro rangos de acuerdo a su Frecuencia de Ocurrencia por Sitio (Tabla 6), la especie con mayor Frecuencia de Ocurrencia (F.O%) por sitio fue *Cladosporium herbarum* con una F.O = 100%, seguida de *Torulopsis* sp1 con una F.O = 88.89%, *Penicillium* sp1 y *Rhodotorula* sp1 con una F.O = 83.33% cada uno y *Geotrichum* sp1 con una F.O = 72.22%. Los Micelios Estériles Hialino y Pigmentado presentaron una Frecuencia de Ocurrencia de 100%.

Tabla 6

Especies fúngicas agrupadas en rangos de F.O (%) de acuerdo a los sitios, en el Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, San Salvador, El Salvador, de junio a octubre de 2022

Rango	F.O. (%)	N. ° de especies
Rango A	5.56% - 27.78%	31
Rango B	33.33% - 66.67%	8
Rango C	72.22% - 100.00%	5
Rango D	100%	2 M.E.

De acuerdo a 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. 14 de las especies de microhongos presentan una F.O.% mayor o igual a 50% por lo que se consideran estables en la Comunidad Fúngica del Complejo Educativo (Tabla 7).

Concentración de Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m³) al interior del Complejo Educativo

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 presentan un nivel de contaminación medio entre 100 a 500 UFC/m³ (Tabla 8), según los estándares de concentración de hongos en el aire UFC/m³ establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 7

Especies estables de la Comunidad Fúngica del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue. Con su Frecuencia de Ocurrencia. (%)

Especies estables de la Comunidad Fúngica del Complejo Educativo	F.O. (%) por muestreo
<i>Cladosporium herbarum</i>	100
<i>Penicillium sp1</i>	90
<i>Torulopsis sp1</i>	90
<i>Rhodotorula sp</i>	90
<i>Fusarium sp1</i>	90
<i>Geotrichum sp</i>	80
<i>Aspergillus glaucus</i>	80
<i>Candida sp</i>	80
<i>Fusarium sp2</i>	70
<i>Aspergillus versicolor</i>	70
<i>Curvularia sp</i>	60
<i>Aspergillus oryzae</i>	50
<i>Aureobasidium sp1</i>	50
<i>Rhizopus sp</i>	50

Tabla 8

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

Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m ³) por sitio de muestreo				
Sitio de muestreo		N. ° 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	Intermedio
	B1	9.1	579.32	
	B2	6.7	426.53	
	B3	15.9	1012.22	
EDIFICIO C	C1	6.7	426.53	Alto
	SR	8.4	534.76	
EDIFICIO D	D1	12.6	802.14	

Unidades Formadoras de Colonias por metro cúbico (UFC/m ³) por sitio de muestreo			
Sitio de muestreo	N. ° Promedio de Colonias Fúngicas por sitio	(UFC/m ³)	Nivel de contaminación de acuerdo a los estándares de la OMS
MÓDULOS	D2	8.9	623.88
	D3	9.2	585.69
	D4	11.1	706.64
	M1	20.4	1298.7
	M2	18.8	1196.84
SUBDIRECCIÓN	SD	8.4	534.76
SECRETARÍA	SC	14.4	916.73

Especies con potencial alergénico

En total 30 de las 44 especies identificadas en el estudio poseen un potencial alergénico, destacando *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 (Tabla 9).

DISCUSIÓN

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. La predominancia de la División se comparte con los diversos estudios realizados por Umaña, 1987; Esquivel Vásquez, 1988; Menjívar, 1993; Martínez et al., 2018; Araujo et al., 2019; Jiménez et al., 2022. Se reporta a *Cladosporium herbarum* como la especie más representativa en este estudio, esto concuerda con lo mencionado por Pathak y Pady, 1965, sobre la periodicidad diurna de este género (Martínez, 1987). *Cladosporium* es un género de hongo cosmopolita, la gran mayoría de sus especies son saprofitas y 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).

Respecto a los Micelios Estériles, estos se presentaron en gran cantidad, ambos con un 100% de F.O. Estos micelios se clasifican de esta manera al no desarrollar

estructuras reproductoras, la abundante presencia de estos Micelios concuerda con los estudios realizados por Umaña, 1987; Menjívar, 1993; Parada, 1996 y Quintanilla y Rivera, 2003, en ambientes interiores, en donde se aprecia el alto nivel de presencia de estos Micelios.

La mayoría de los sitios de muestreo presentan un nivel de contaminación alto de acuerdo a los estándares de Concentración de Hongos en el aire establecidos por la OMS con una concentración por encima de las 500 UFC/m³, datos representados principalmente por *Cladosporium herbarum*, *Penicillium* sp1, *Torulopsis* sp1, *Geotrichum* sp y *Aspergillus glaucus*. Estos resultados coinciden significativamente con estudios similares en donde se establecieron niveles de concentración de microhongos en el aire interior, como el realizado en aulas universitarias en México por García et al. 2016 y el realizado en museos en Venezuela por Araujo et al. 2019. En este estudio se determinó la presencia de 30 especies con potencial alergénico de acuerdo a lo reportado por autores como: Pontón et al. 2002; Sánchez y Almaguer, 2014; Pérez y Espinoza, 2019 y Cid et al. 2023, son especies de importancia para la salud pública debido a que representan un riesgo principalmente para pacientes con un sistema inmunodeprimido.

CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación se confirmó la presencia de una gran variedad de especies de microhongos del aire en el interior del Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue, estas conforman una comunidad representada principalmente por especies pertenecientes a la División Deuteromycota/Ascomycota con 36 especies, seguido de la División Deuteromycota/

Tabla 9

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

N. °	Especies	D.R. (%)	F.O. (%)	
			Muestreo	Sitio
1	<i>Cladosporium herbarum</i>	20.53	100	100
2	<i>Penicillium sp1</i>	7.57	90	83.33
3	<i>Torulopsis sp1</i>	4.11	90	88.89
4	<i>Geotrichum sp</i>	2.38	80	72.22
5	<i>Aspergillus glaucus</i>	1.83	80	44.44
6	<i>Rhodotorula sp</i>	1.29	90	83.33
7	<i>Fusarium sp1</i>	1.14	90	66.67
8	<i>Penicillium sp2</i>	1.09	40	22.22
9	<i>Fusarium sp2</i>	0.89	70	50
10	<i>Candida sp</i>	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 sp1</i>	0.40	50	33.33
14	<i>Curvularia sp</i>	0.35	60	27.78
15	<i>Rhizopus sp</i>	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 sp</i>	0.10	20	11.11
20	<i>Aspergillus niger</i>	0.10	10	5.56
21	<i>Penicillium sp3</i>	0.10	20	11.11
22	<i>Torulopsis sp2</i>	0.10	10	5.56
23	<i>Mucor sp</i>	0.05	10	5.56
24	<i>Aspergillus clavatus</i>	0.05	10	5.56
25	<i>Aspergillus sp1</i>	0.05	10	5.56
26	<i>Aspergillus sp2</i>	0.05	10	5.56
27	<i>Aspergillus tamarii</i>	0.05	10	5.56
28	<i>Aspergillus ustus</i>	0.05	10	5.56
29	<i>Aureobasidium sp2</i>	0.05	10	5.56
30	<i>Nigrospora sp</i>	0.05	10	5.56
Total: 30 Especies con potencial alergénico				

Basidiomycota y la División Zygomycota con 4 especies cada una. *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* sp, *Torulopsis* sp, *Geotrichum* sp y *Aspergillus glaucus*.

Únicamente 14 de las especies encontradas en el estudio forman parte de una comunidad fúngica estable al interior del complejo Educativo encontrándose en al menos la mitad de los muestreos realizados, las 30 especies restantes se consideran transitorias. El nivel de contaminación por hongos en el aire al interior del Complejo Educativo es alto, presentando una concentración mayor a 500 UFC/m³ en 16 de los 18 sitios de muestreo. Los resultados de esta investigación concuerdan con trabajos realizados en el área, lo que da a conocer que nuestra población no está exenta de sufrir problemas alérgicos ocasionados por la concentración de hongos en el aire.

REFERENCIAS

- Aira, M., Rodríguez, F., Jato, V., y Piontelli, E. (2006). *Análisis cuantitativo y cualitativo de la aeromycota aislada de la catedral de Santiago de Compostela (Galicia, España)*. <https://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/241/219>
- Alexopoulos, C., y Mims, C. (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, M., Sánchez Espinosa, K., y Rojas-Flores, T. (2014). El género *Cladosporium* en la atmósfera del occidente de Cuba: pasado, presente y futuro. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 3, 8-17.
- Araujo, J. (2020). *Método de sedimentación pasiva*. https://www.researchgate.net/publication/343948898_METODO_DE_SEDIMENTACION_PASIVA
- Araujo, J., Rojas, Y., y Yegres, F. (2019). Evaluación microbiológica de aire interior en tres museos de la zona UNESCO N.º 658 Coro, Venezuela, patrimonio mundial de la humanidad. *Ge-Conservación*, 16, 34-44. <https://doi.org/10.37558/gec.v16i0.564>
- Arias, S. (1982). *Análisis cualitativo y cuantitativo de las distribuciones mensuales de la micoflora del suelo y aire en una comunidad del Cerro Verde* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Awad, A., y Mawla, H. (2012). *Sedimentation with the Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungi*. <http://www.pjoes.com/Sedimentation-with-the-Omeliansky-Formula-r-nas-an-Accepted-Technique-for-Quantifying,88900,0,2.html>
- Bonifaz, J. (2015). *Micología médica básica* (5.ª ed.). <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookID=1529>
- Borrego, S., Perdomo, I., de la Paz, J., Gómez, S., y Guiamet, P. (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>
- Cid-Martínez, M. A., Gaspar Génico, J. Á., y 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>
- De la Rosa, M., Mosso, M., y Ullán, C. (2002). *El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos*. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0202110375A/21767>
- Esquivel, R. (1988). *Análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la Biblioteca Nacional de El Salvador*.
- Esquivel Vásquez, R. E. (1988). *Análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la Biblioteca Nacional de El Salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Estrada, G., y Ramírez, M. (2019). *Micología general*. https://www.ucm.edu.co/wp-content/uploads/2021/03/Micologia_general.pdf
- García Navarrete, G., Sánchez Cubedo, G. A., López Mazón, S. L., Ochoa Landín, M. E., y 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. *Epistemos*, 10(20), 14–20. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v10i20.16>
- Google Maps. (2022). *Complejo Educativo Dr. Humberto Romero Alvergue*. <https://cutt.ly/UHTGAOR>
- 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., Cobar, O., Barrios, R., Pierola, K., Chamalé, W., Rosales, C., Quan, J., Moreno, M., Paxtor, J., y Maas, J. (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, V. G., Guzmán-Grijalva, H. M., y García-Navarrete, G. (2022). Microbiota fúngica del aire interior de un centro de desarrollo infantil en zona árida. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25(1), 1–9.
- Lanza, N., Bustos, C., Marfil, M., y Guida, N. (2018). Composición de bioaerosoles ambientales en corrales. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S160991172018000400044
- Martínez Hernández, J. A. (1987). *Análisis cualitativo y cuantitativo de esporas fúngicas aéreas en dos comunidades del Parque Nacional Walter Thilo Deininger* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador].
- Martínez, R., Urías, M., Panameño, P., y Joya, J. (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
- Menjívar, V. (1993). *Análisis comparativo de la aeromicrología del Hospital Rosales y Hospital Neumológico de los Planes de Renderos*.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Mohos de ambientes interiores*. <https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/who-indoor-air-mould.pdf>
- Parada, E. (1996). *Estudio aeromicológico en época seca de los hospitales San Juan de Dios y Centro Médico de Oriente, Departamento de San Miguel*.
- Pérez, I. C., y Espinosa, K. C. (2019). Aspectos fisiológicos del género *Cladosporium* desde la perspectiva de sus atributos patogénicos, fitopatogénicos y biodeteriorantes. <https://www.semanticscholar.org>
- Pontón, J., Moragues, D., Gené, J., Guarro, J., y Quindós, G. (2002). *Hongos y actinomicetos alérgicos*. <https://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com>
- Quintanilla, C., y Rivera, M. (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>
- Rodríguez, J. (2016). Evaluación aeromicrobiológica del depósito del Centro de Documentación del Museo Nacional de la Música de Cuba. <https://dialnet.unirioja.es>
- Sánchez, K., y Almaguer, M. (2014). *Aeromicrología y salud humana*. <https://www.researchgate.net>
- Thermo Fisher Scientific Inc. (2022). *Cladosporium herbarum: hoja informativa de alérgenos*. <https://www.thermofisher.com>
- Umaña, R. (1987). *Análisis cualitativo, cuantitativo y comparación de las especies fúngicas presentes en el interior de las casas y edificios durante las épocas seca y lluviosa en el área de San Salvador*.
- Weather Spark. (2016). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en San Salvador, El Salvador*. <https://es.weatherspark.com>