

Artículo Original

# Monitoreo ambiental de sistemas de aclimatización en edificios residenciales y su relación en las micosis respiratorias

## *Environmental monitoring of air conditioning systems in residential buildings and their relationship with respiratory mycoses*

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.625.010>

José Manuel Armada Pacheco <sup>1,\*</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-3827-6144>

Fernando Viterbo Sinche-Crispín <sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-8418-7831>

Gilmer Simón Matos-Vila <sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-8400-4783>

Edverd Nilton Arias-Valenzuela <sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-6780-341X>

Carlos Luis Lapa-Zárate <sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-3149-3576>

Recibido: 27/04/2022

Aceptado: 17/08/2022

### RESUMEN

En todo el mundo, los cambios climáticos y estilo de vida han resultado en un cambio de ambientes de aire libre a ambientes herméticos y energéticamente eficientes en el hogar y en los lugares de trabajo, donde las personas pasan parte sustancial de su tiempo. En esos entornos, el mantenimiento inadecuado de los aparatos de aire acondicionado, el diseño deficiente de edificio o de los hogares, y las actividades de sus ocupantes pueden dar lugar a condiciones de salud precaria, que pueden incluir enfermedades respiratorias. Bajo un estudio descriptivo, de cohorte transversal, se evaluaron 104 residencias familiares tipo apartamento con sistemas de aclimatización tipo Split en las habitaciones de descanso. Se obtuvieron resultados positivos para dermatofitos en 34 de las 104 muestras (33,65%), mientras que los hongos filamentosos y levaduras fueron 27 casos (25,96%). La concentración osciló entre 17 y 227 UFC/m<sup>3</sup> y de 9 a 46 UFC/m<sup>3</sup> para dermatofitos y para filamentosos y levaduras, respectivamente. Las especies de hongos dermatofitos aislados en el aire fueron *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes*, siendo el más frecuente fue el *Trichophyton rubrum* que apareció en el 73,52% de las muestras positivas, representando una frecuencia de ocurrencia de 24,04%; en ninguna de las muestras se observaron colonias mixtas con ambas especies a la vez. En el grupo de los no dermatofitos, el *Penicillium* spp. se presentó en 10,58% de las muestras evaluadas, siendo el hongo más prevalente de este grupo, con contajes que alcanzaron hasta 46 UFC/m<sup>3</sup>. Este grupo en los 27 positivos, se evidenció al menos dos especies de hongos y adicionalmente en 14 casos una levadura. Este estudio demostró que el no aplicar las medidas correctivas y sistema de limpieza de los aires acondicionados puede comprometer la salud de sus habitantes, especialmente por problemas respiratorios, por la presencia de hongos.

**Palabras clave:** Sistemas acondicionados, hongos, residencia, factores de riesgo.

### ABSTRACT

Throughout the world, climate and lifestyle changes have resulted in a shift from outdoor environments to airtight and energy-efficient environments at home and in workplaces, where people spend a substantial part of their time. In these environments, inadequate maintenance of air conditioners, poor building or home design, and the activities of its occupants can lead to poor health conditions, which may include respiratory diseases. Under a descriptive, cross-sectional cohort study, 104 apartment-type family residences with acclimatization systems in Split-type rest rooms were evaluated. Positive results for dermatophytes were obtained in 34 of the 104 samples (33.65%), while filamentous fungi and yeasts were 27 cases (25.96%). The concentration ranged between 17 and 227 CFU/m<sup>3</sup> and from 9 to 46 CFU/m<sup>3</sup> for dermatophytes and for filamentous and yeasts, respectively. The species of dermatophyte fungi isolated in the air were *Trichophyton rubrum* and *Trichophyton mentagrophytes*, the most frequent being *Trichophyton rubrum*, which appeared in 73.52% of the positive samples, representing a frequency of occurrence of 24.04%; mixed colonies with both species at the same time were not observed in any of the samples. In the group of non-dermatophytes, *Penicillium* spp. it was present in 10.58% of the evaluated samples, being the most prevalent fungus of this group, with counts that reached up to 46 CFU/m<sup>3</sup>. This group in the 27 positives, evidenced at least two species of fungi and additionally in 14 cases a yeast. This study showed that not applying corrective measures and the air conditioning cleaning system can compromise the health of its inhabitants, especially due to respiratory problems, due to the presence of fungi.

**Keywords:** Conditioned systems, fungi, residence, risk factors.

<sup>1</sup> Universidad Continental, Huancayo, Perú.

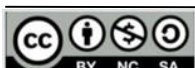
<sup>2</sup> Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Amazonas, Perú.

\*Autor de Correspondencia: [jarmada@continental.edu.pe](mailto:jarmada@continental.edu.pe)

### Introducción

En todo el mundo, los cambios climáticos y estilo de vida han resultado en un cambio de ambientes de aire libre a ambientes herméticos y energéticamente eficientes en el hogar y en los lugares de trabajo, donde las personas pasan parte



sustancial de su tiempo (Chao *et al.*, 2003; Molhave, 2011). En esos entornos, el mantenimiento inadecuado de los aparatos de aire acondicionado, el diseño deficiente del edificio o de los hogares y las actividades de sus ocupantes pueden dar lugar a una condición denominada “Síndrome del Edificio Enfermo” (SBS, por sus siglas en inglés), que se puede también extender a los hogares, donde los ocupantes experimentan efectos adversos para la salud que parecen estar relacionados con el tiempo que pasan estos individuos en estos sitios (Zeliger, 2003). El funcionamiento de los aires acondicionados consiste en la extracción de masas de aire caliente devolviendo el aire en condiciones más frescas, lo que permite ambientes más confortables sobre todo en los países tropicales. En el proceso, los filtros pueden atrapar partículas de polvo, pero muchas veces la eficiencia de esos filtros es muy limitada, y en muchos casos el mantenimiento no es adecuado; por lo tanto, los ductos y sistema de enfriamiento se convierte en caldo de cultivos de algunos hongos como *Foma* sp., *Exofiala* sp., *Aureobasidium pululanos*, *Acremonio* sp. y *Yesporobolomyces* (Yassin & Almouqatea, 2010). Algunos de estos hongos higrófitos son realmente tóxicos como *Alternaria*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus versicolor*, *botrytis cinérea*, *Cladosporium herbarum*, *Epicoccum purpurascens-sterilia*, y *Penicillium* spp. (Noris *et al.*, 2011; Al-abdalall *et al.*, 2019).

Por su parte, los hongos tienen una distribución ubicua y son una seria amenaza para la salud pública en ambientes interiores (Khan *et al.*, 2009). Muchos hongos que causan alergia pertenecen Ascomycota, Basidiomycota u hongos anamórficos. Pueden crecer en casi todos los materiales naturales y sintéticos, especialmente si son higroscópicos o húmedos. Los materiales inorgánicos se colonizan con frecuencia ya que absorben polvo y sirven como buenos sustratos de crecimiento para *Aspergillus fumigatus* y *Aspergillus versicolor* (Samet & Spengler, 2003). Se ha informado que algunas especies de los géneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Trichoderma* y *Penicillium* infestan los materiales de construcción de madera. Los materiales de las paredes interiores, como los paneles de yeso prefabricados, favorecen mucho el crecimiento de *Stachybotrys chartarum* (Breum *et al.*, 1999). Así mismo, el papel y el pegamento utilizados en las superficies interiores son muy buenos sustratos de crecimiento para la mayoría de los hongos de interior. El aislamiento de fibra de vidrio y las tejas del techo favorecen también el crecimiento de una serie de hongos, entre los cuales se pueden aislar especies de los géneros *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* y *Penicillium* (Erkara *et al.*, 2008). Los poliuretanos utilizados en compuestos para aislamiento son atacados por *Paecilomyces variotii* y *Trichoderma harzianum* (Yazicioglu *et al.*, 2004). *Aspergillus* y *Penicillium* crecen superficialmente en superficies pintadas, pero se descubrió que *Aureobasidium pullulans* deteriora las pinturas (Lugauskas *et al.*, 2003), mientras que las superficies pintadas con acrílico son atacadas por *Alternaria*, *Cladosporium* y *Aspergillus* (Shirakawa *et al.*, 2011).

Ahora bien, la inhalación o ingestión es una ruta principal de exposición a los propágulos fúngicos. Los productos del crecimiento de moho, como los compuestos orgánicos volátiles microbianos (MVOC) o los productos de descomposición volátil microbiana, pueden contribuir a los síntomas de enfermedad o malestar independientemente de la exposición a la biomasa fúngica (Beezhold *et al.*, 2008). Los bioaerosoles de origen fúngico, que consisten en esporas y fragmentos de hifas, son fácilmente respirables y son potentes provocadores de irritación bronquial y alergia (Britton, 2003). La sinusitis, similar al resfriado común debido a la inflamación de los senos paranasales, es común en los hogares con moho visible o daños por agua. Los pisos de concreto húmedos aumentan el riesgo de irritación de la nariz tapada o goteo, y picazón, ardor o irritación en los ojos. Un estudio mostró una asociación entre los pólipos nasales y la reactividad de la piel a *Candida albicans* en pacientes expuestos a la contaminación interior (Burge & Rogers, 2000). La exposición a esporas de hongos en el aire se asocia con tos persistente en bebés cuyas madres tenían asma (Bush, 2008). La exposición a una variedad de hongos como *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp. pueden provocar infecciones respiratorias graves en personas inmunocomprometidas (Uztan *et al.*, 2010). La enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el asma, la fibrosis quística son trastornos entre las personas potencialmente infectadas con *Aspergillus*. En pacientes con fibrosis quística o asma, pueden desarrollar aspergilosis broncopulmonar alérgica, aspergilosis pulmonar invasiva o semiinvasiva y aspergiloma pulmonar (Kawel *et al.*, 2011).

En este sentido, el enfoque de este trabajo consistió en la evaluación fúngica de residencias familiares en la ciudad de Huancayo, Perú, con sistema de aclimatización con el fin de determinar si los filtros que poseen estos sistemas de climatización son capaces de controlar diferentes cepas fúngicas y evitar enfermedades por su inhalación o ingestión.

## Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo, de cohorte transversal entre los meses de septiembre a noviembre de 2021, en la ciudad de Huancayo, se evaluaron 104 residencias familiares tipo apartamento con sistemas de aclimatización tipo Split en sus habitaciones de descanso. Previa antisepsia de las manos y usos de equipos de protección personal, se procedió a la toma de muestra, así como la desinfección con alcohol al 70 % de los equipos de muestreo de los bioaerosoles recolectados. Los equipos de muestreo se colocaron a 30 centímetros de distancia de la salida del caudal de aire del equipo de aclimatización, el mismo estaba dotado de una cápsula de Petri con el medio de cultivo, expuesto por 15 minutos. Inmediatamente, las muestras se conservaron en neveras portátiles hasta llegar al laboratorio para su incubación.

**Medios de cultivo:** Se empleó el Agar Sabouraud con cloranfenicol y gentamicina para los hongos filamentosos que es el medio más característico y clásico para mohos para su aislamiento y caracterización (Ezpeleta Baquedano *et al.*, 2013).

Para hongos dermatofitos se seleccionó un medio de cultivo específico: Agar Sabouraud con cicloheximida y cloranfenicol – Mycosel (MYC). La cicloheximida inhibe el crecimiento de hongos interferentes no patógenos y el cloranfenicol, antibiótico de amplio espectro, inhibe el crecimiento de bacteria.

**Incubación:** Los hongos se almacenaron en cápsulas de Petri en el laboratorio de microbiología en incubadoras a 28±1°C por 5 días.

**Contaje:** Post incubación, se observó el crecimiento de las colonias y se recontaron las mismas visualmente. El número de unidades formadoras de colonia se calculó usando la siguiente forma:

$$n^{\circ}UFC/m^3 = \frac{NC \times 1000}{30 \times NU}$$

Siendo:

NC: número de colonias por placa.

NU: número de unidades de tiempo empleadas en el muestreo.

Los medios de cultivo para hongos se revisaron diariamente hasta por cuatro semanas hasta ser reportado como negativos, pero ante la observación macroscópica de colonias, se procedió a su identificación con montaje en azul de lactofenol y visualización microscópica. Se hicieron replicas en agar Sabouraud. En caso de las levaduras se identificaron con métodos convencionales (Tubo germinal, prueba de ureasa, prueba de clamidoconidios en agar harina de maíz, crecimiento a 45°C, crecimiento en medio con cicloheximida y prueba de asimilación de azúcares, si se requería confirmación).

Las cepas ureasa positivas se analizaron mediante la producción de melanina en medio Guizotia abyssinica y asimilación de la glicina en agar L-cavanivaglicina-azul de bromotimol (GCB).

Por otra parte, para conocer la relación de la ocurrencia de relación de las micosis respiratorias, se aplicó una encuesta previamente validada por expertos, donde se investigaron los factores de riesgo individuales como edad y comorbilidad; tratamiento y trasplantes, y por último factores medio ambientales.

### Analisis de estadístico

Las variables de estudio se evaluaron usando el paquete estadístico SPSS versión 22, donde se registraron los hallazgos de estudio. Los datos fueron ordenados y clasificados de acuerdo con las variables sociodemográficas, clínicas y epidemiológicas y las especies de hongos aisladas en mayor proporción. La data se evaluó siguiendo los parámetros estadísticos de *chi* cuadrado ( $X^2$ ) entre las variables con un nivel de significancia estadística *p* menor de 0,05.

### Resultados

Las muestras analizadas resultaron positivas a **dermatofitos** en 34 de las 104 muestras (33,65%) colectadas, mientras que los **hongos filamentosos y levaduras** solo estuvieron presente en 27 casos (25,96%). La concentración de ambos tipos de hongos osciló entre 17 y 227 UFC/m<sup>3</sup> y 9 a 46 UFC/m<sup>3</sup> para dermatofitos, y hongos filamentosos y levaduras respectivamente. En la tabla 1, se observa que las especies de hongos dermatofitos aislados en el aire fueron *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes*, siendo el más abundante el *Trichophyton rubrum* (73,52%) con una frecuencia de ocurrencia del 24,04%; en ninguna de las muestras colectadas se observaron colonias mixtas.

En el grupo de los no dermatofitos, el *Penicillium* spp. representó el 10,58% de las muestras evaluadas, con un número de colonias de hasta 46 UFC/m<sup>3</sup>. De los 27 casos positivos, se caracterizaron al menos dos especies de hongos y, adicionalmente, en 14 casos se determinó una levadura.

**Tabla 1. Concentración de hongos y levaduras en habitación residencial (UFC/m<sup>3</sup>)**

ESPECIES	Nº de muestras	Muestras positivas		UFC/m <sup>3</sup>	
		nº	%	Min	Max
<b>Hongos dermatofitos n= 34</b>					
<i>Trichophyton rubrum</i>	104	25	24,04	12	227
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	104	9	8,65	9	47
<b>Hongos filamentosos (no dermatofitos) y levaduras n=27</b>					
<i>Cladosporium</i> spp	104	7	6,73	9	46
<i>Penicillium</i> spp.	104	11	10,58	12	32
<i>Curvularia</i> spp.	104	6	5,77	9	41
<i>Aspergillus</i> spp. Sección <i>A. fumigatus</i>	104	8	7,69	17	38
<i>Alternaria</i> spp.	104	6	5,77	18	27
<i>Paecilomyces</i> spp.	104	4	3,85	21	39
<i>Scopulariopsis</i> spp	104	5	4,81	13	19
<i>Trichoderma</i> spp.	104	9	8,65	27	39
Levaduras	104	14	13,46	28	46

Se aislaron 14 cultivos de colonias mucoides o pastosas de levaduras que se confirmaron por los estudios morfológicos, pruebas convencionales y asimilación de azúcares. La tabla 2 describe los resultados de las pruebas convencionales.

**Tabla 2. Identificación de levaduras por pruebas convencionales**

Especie	Nº	Tubo germinal	Ureasa	Clamidoconidios	Crecimiento cicloheximida	Crecimiento a 45°C	Producción de melanina	Asimilación de la glicina
<i>C. albicans</i>	9	+	-	+	+	+		
<i>C. tropicalis</i>	2	-	-	-	+	-		
<i>C. parapsilosis</i>	3	-	-	-	-	-		
<i>C. dubliniensis</i>	1	+	-	+	+	-		
<i>C. glabrata</i>	1	-	-	-	-	-		
<i>C. neoformans</i>	1	-	+	-	-	-	+	-
<i>C. gattii</i>	1	-	+	-	-	-	+	+
<i>C. laurentii</i>	1	-	+	-	-	-	+	-

En la Tabla 3, se representan los factores de riesgo individuales como edad, comorbilidad, tratamiento y trasplantes, y factores medio ambientales con la presencia de hongos dermatofitos y no dermatofitos.

**Tabla 3. Factores de riesgos generales y su relación con la presencia de hongos dermatofitos y no dermatofitos en habitaciones ambientadas.**

Factor/Condición	Jefes de familia entrevistados		Presencia de hongos			
	N= 104		Hongos dermatofitos n= 34		Hongos no dermatofitos n=27	
	nº	%	Positivos	%	Positivos	%
<b>Factores de riesgo generales (Presencia en el hogar de al menos un habitante)</b>						
Edad: presencia en casa de habitantes <1 año o >65 años	82	78,85	24	70,59	8	29,63
Hábito de beber agua regularmente	94	90,38	31	91,18	21	77,78
Evitar cambios bruscos de temperatura	45	43,27	24	70,59	19	70,37
<b>Antecedente patológicos:</b> Bronquiectasias, Asma bronquial, Tuberculosis pulmonar, VIH	17	16,35	12	35,29	14	51,85
<b>Comorbilidades:</b> diabetes mellitus, cirrosis, malnutrición, etc.	43	41,35	19	55,88	23	85,19
<b>Cirugía previa:</b> gastrointestinal principalmente	12	11,54	9	26,47	21	77,78
<b>Hábitos de riesgo:</b> Visitar cuevas turísticas	17	16,35	11	32,35	20	74,07
<b>Condicionantes interindividuales o población de mayor riesgo</b>						
<b>Síntomas / signos:</b> disnea, alergia, dolor torácico y fiebre recurrente	38	36,54	21	61,76	18	66,67
Antibióticos de amplio espectro	17	16,35	17	50,00	14	51,85
Colonización previa por <i>Candida</i> spp. u otros organismo	7	6,73	11	32,35	6	22,22
Insuficiencia renal y/o hemodiálisis	5	4,81	4	11,76	4	14,81
Neutropenia	4	3,85	3	8,82	4	14,81
Quimioterapia, corticoides e inmunosupresores	11	10,58	4	11,76	4	14,81
<b>Relacionados con el uso del equipo (Interrogatorio e inspección)</b>						
Limpiar y mantener los depósitos de agua y los filtros del aire acondicionado de forma periódica (Cada 6 meses)	35	33,65	21	61,76	18	66,67
Ubicación de los aparatos que incidan directamente sobre las personas	43	41,35	29	85,29	14	51,85
Mantener la calidad del aire del interior con una ventilación adecuada (aislamiento del lugar mientras el aire este en funcionamiento y ventilación natural en horas frescas)	65	62,50	45	132,35	11	40,74
La temperatura debe oscilar entre los 23 y los 25 grados con una humedad superior al 35%.	29	27,88	17	50,00	10	37,04
Revisiones técnicas del estado del equipo por un experto cada 6 meses	42	40,38	23	67,65	9	33,33

## Discusión

El estilo de vida contemporáneo dicta que las personas pasan entre el 60 y el 90 % de su vida diaria en ambientes de interiores, ya sea en su lugar de trabajo como en sus hogares, y para aquellos que viven en climas cálidos, el aire acondicionado es considerado una necesidad. Los acondicionadores de aire funcionan eliminando el aire caliente y húmedo del interior de los espacios confinados como dormitorios, salones y habitaciones reemplazándolo con aire más frío. Durante, el transporte de las masas de aire caliente o frío, las corrientes de aire atraviesan la unidad del aire acondicionado a través de filtros. Estos filtros son capaces de retener los microorganismos, y hongos; pero es ampliamente reconocido que estos filtros no son capaces de eliminar todas las partículas del aire, donde los hongos se acumulan. Por lo tanto, las partículas de polvo con tamaños inferiores a 3 micrones pasarán sin obstáculos. Además, cuando estos filtros se humedecen en exceso, pueden proporcionar un entorno fértil para la proliferación de mohos y demás tipos de hongos (Yassin & Almouqatea, 2010). Estos hongos, pueden colonizar los materiales utilizados en los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). Algunos hongos higrofílicos tóxicos, como *Foma* sp., *Exofofialasp.*, *Aureobasidium pululanos*, *Acremoniosp* y *Yesporobolomyces*, se encuentran frecuentemente en tuberías de refrigeración de los sistemas de aire acondicionado. Mientras que *Alternaria*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus*

*niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus versicolor*, *botrytis cinérea*, *Cladosporium herbarum*, *Epicoccum purpurascens-sterilia*, y *Penicillium* spp., se han aislado de los filtros de aire acondicionado (Al-abdalall *et al.*, 2019).

Entre la variedad de partículas biológicas presentes en la atmósfera, las esporas de hongos representan un componente importante de los ambientes de aire interior y exterior, que es asociado con la contaminación del aire y los problemas de salud humana (Fang *et al.*, 2007). La inhalación excesiva de hongos nocivos transportados por el aire puede causar síntomas respiratorios, infecciones pulmonares y provocar al sistema inmunitario comprometido (Renpenning-Carraco *et al.*, 2017). Hasta ahora, se han identificado más de 80 géneros de hongos asociados con alergias respiratorias (Horner *et al.*, 1995), siendo las especies más comunes *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Fusarium* (Atalay *et al.*, 2016). Una Encuesta de Salud Respiratoria de la Comunidad Europea encontró que más del 4% de la población adulta en 13 países diferentes era sensible a *Alternaria* (Bousquet *et al.*, 2007). En forma similar, en Australia se demostró que el asma, desencadenada por exacerbaciones de la capacidad de respuesta de las vías respiratorias, sibilancias y broncodilatación, que pueden ser asociadas a altas concentraciones *Alternaria* en el aire (Down *et al.*, 2001). Las especies fúngicas pertenecientes al género *Cladosporium* es la tercera causa más frecuente de sensibilización, después de ácaros del polvo doméstico y polen de gramíneas, a la batería de alérgenos en niños nacidos en la Isla de Wight (Reino Unido), (Lu *et al.*, 2022)

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron la presencia de hongos tipo **dermatofitos, filamentosos y levaduras** en 104 habitaciones con ambientes controlados mediante sistema acondicionados tipo Split. Las concentraciones de hongos oscilaron entre 17 y 227 UFC/m<sup>3</sup> para hongos dermatofitos y 9 a 46 UFC/m<sup>3</sup> para hongos filamentosos y levaduras. En la tabla 1 se puede observar que las especies más comunes fueron *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes* dentro de los hongos dermatofitos; y *Penicillium* spp. dentro de las especies no dermatofitos, con 10,58% de ocurrencia en las muestras evaluadas y un número de colonias de hasta 46 UFC/m<sup>3</sup>. Según Galante *et al.*, (2006) los hongos crecen donde hay comida y humedad. La mayoría de los ambientes interiores contienen en el aire esporas fúngicas. Dentro de las especies más comunes, se pueden mencionar las de los géneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Aspergillus*. La condensación en los aires acondicionados es la principal fuente de humedad que promueve el crecimiento de hongos en las superficies internas de viviendas domésticas, así como otros factores, como la variación de la luz y la temperatura, que pueden afectar la formación y el crecimiento de las esporas. Algunos estudios asocian alergias respiratorias a especies como *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Aspergillus* spp. y otros.

Por otra parte, y en un intento de correlacionar los factores de riesgo con la presencia de hongos (Tabla 3), se puede observar que algunas condiciones como edad de las personas (< 1 año o >65 años), comorbilidad (diabetes mellitus, cirrosis, malnutrición), cirugía previa, uso de antibióticos de alto espectro, colonización por *Candida* spp, síntomas de enfermedades respiratorias, quimioterapias y uso inadecuado de los sistemas de acondicionamiento de aire, influyen notablemente en la presencia de hongos, ya sea o no dermatofitos, y que en tiempo determinado puede llegara provocar enfermedades de índole respiratorio. La micosis pulmonar (MP) es un proceso infeccioso en los pulmones causada por uno o más hongos oportunistas (Kaur *et al.*, 2016). La colonización e infección se produce después de la inhalación de esporas o por la reactivación de una infección latente. Un estudio llevado a cabo por Sani *et al.*, (2021) señaló que la distribución de aislamientos fúngicos varía con respecto al género de los individuos. Entre los pacientes aislados con fúngicos positivos, se encontró que los hombres eran más propensos a síntomas de micosis respiratorias (63,5%) que las mujeres 58 (36,5%). Según Hidalgo & Vázquez (2012), las tasas de colonización de las especies de *Candida* son iguales en hombres como en mujeres. Pero en otro estudio, los patógenos fúngicos fueron significativamente mayor entre las pacientes de sexo femenino en comparación con los pacientes de sexo masculino. Las tasas de colonización relativamente más altas en los hombres podrían haber sido responsable del aumento del riesgo entre los pacientes masculinos porque en la mayoría se dedican a actividades al aire libre que pueden predisponerlos a la inhalación de esporas de hongos y conidios. Los participantes con patógenos fúngicos pulmonares fueron en su mayoría aquellos con 40 años o más en comparación con pacientes dentro de grupos de edad más bajos. De hecho, la vejez es un factor de riesgo conocido para los hongos pulmonares debido a la disminución de la función inmunológica. Por otra parte, los participantes que recibieron antibiótico prolongado fueron más vulnerable a tener un efecto significativamente mayor prevalencia de patógenos fúngicos pulmonares (P < 0,05). Este hallazgo está respaldado por los hallazgos de Spader & Catherine, (2010) quienes informaron que la colonización por hongos y infecciones parecían estar relacionadas con el uso prolongado de antibióticos de amplio espectro. Tabaquismo, tenencia de mascotas y contacto con personas infectadas también fueron factores de riesgo de contacto patógenos fúngicos pulmonares (Ankobi *et al.*, 2014). Fumar cigarrillos es uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de la mayoría de los pulmones enfermedades que incluyen micosis pulmonar que facilita disfunción del epitelio de las vías respiratorias (Nyunoya *et al.*, 2014). Asimismo, los patógenos fúngicos pulmonares están asociados con 58%–81% de morbilidad y mortalidad entre las personas que viven con VIH (Aluyi *et al.*, 2010) o tuberculosis (Tshering *et al.*, 2015).

Finalmente, ante los cambios notables del clima, hay que hacer frente, usando equipos condicionados altamente eficientes y seguros. Este estudio demostró que el no aplicar las medidas correctivas y sistema de limpieza de los aires acondicionados puede comprometer la salud de sus habitantes, especialmente por problemas respiratorios, por la presencia de hongos.

## Conflicto de intereses

No se reporta conflicto de intereses.

## Agradecimientos

A todos los participantes.

## Referencias

- Al-abdalall, A. H., Al-dakheel, S. A., & Al-Abkari, H. A. (2019). Impact of Air-Conditioning Filters on Microbial Growth and Indoor Air Pollution. *Low-temperature Technologies*. Tatiana Morosuk and Muhammad Sultan Eds. <http://doi.org/10.5772/intechopen.88548>
- Aluyi, H. S., Otajevivo, P. A., & Iwereibe, O. (2010). Incidence of pulmonary mycoses in patients with AIDS. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 3, 78-83. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/njcp/article/view/53199> (Acceso noviembre 2021).
- Ankobi, A. & Hansen-Owoo, E. (2014). Changing epidemiology and antifungal susceptibility patterns of *Candida* species isolated from Ghanaian HIV-positive patients. *International Journal of Medical Research and Health Sciences*, 4(6), 11-17. Disponible en: [http://www.ijsk.org/uploads/3/1/1/7/3117743/2\\_hiv-positive\\_patients.pdf](http://www.ijsk.org/uploads/3/1/1/7/3117743/2_hiv-positive_patients.pdf) (Acceso noviembre 2021).
- Atalay, A., Koc, A.N., Akyol, G., Cakir, N., Kaynar, L., & Ulu-Kilic, A. (2016). Pulmonary infection caused by *Talaromyces purpurogenus* in a patient with multiple myeloma. *Infezioni in Medicina*, 24, 153–157. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27367328/> (Acceso noviembre 2021).
- Beezhold, D. H., Green, B. J., Blachere, F. M., Schmechel, D., Weissman, D. N., Velickoff, D., Hogan, M. B., & Wilson, N. W. (2008). Prevalence of allergic sensitization to indoor fungi in West Virginia. *Allergy and asthma proceedings*, 29(1), 29–34. <https://doi.org/10.2500/aap.2008.29.3076>
- Bousquet, P.J., Hooper, R., Kogevinas, M., Jarvis, D., Burney, P., Chinn, S., Luezyńska, K., Vermeire, P., Kesteloot, H., & Bousquet, J. (2007). Number of allergens to be tested to assess allergenic sensitization in epidemiologic studies: Results of the European Community Respiratory Health Survey I. *Clin. Exp. Allergy*, 37, 780–787. Disponible en: <https://ohsu.pure.elsevier.com/en/publications/number-of-allergens-to-be-tested-to-assess-allergenic-sensitizati-2> (Acceso noviembre 2021).
- Breum, N. O., Nielsen, B. H., Lyngbye, M., & Midtgård, U. (1999). Dustiness of chopped straw as affected by lignosulfonate as a dust suppressant. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 6(2), 133–140. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10607994/> (Acceso noviembre 2021).
- Britton L. A. (2003). Microbiological threats to health in the home. *Clinical laboratory science: journal of the American Society for Medical Technology*, 16(1), 10–15. Disponible en; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12587653/> (Acceso noviembre 2021).
- Burge, H. A., & Rogers, C. A. (2000). Outdoor allergens. *Environmental Health Perspectives*, 108, 653–659. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108s4653>
- Bush, R. K. (2008). Indoor allergens, environmental avoidance, and allergic respiratory disease. *Allergy and Asthma Proceedings*, 29(6), 575–579. <https://doi.org/10.2500/aap.2008.29.3172>
- Chao, H.J., Schwartz J., Milton D.K., Burge H.A. (2003). The work environment and workers health in four large office buildings. *Environmental Health Perspectives*, 111, 1242–1248. <https://doi.org/10.1289/ehp.5697>
- Downs, S., Mitakakis, T., Marks, G., Car, N. G. & Peat, J. (2001). Clinical importance of *Alternaria* exposure in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 164, 455–459. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.164.3.2008042>
- Erkara, I. P., Asan, A., Yilmaz, V., Pehlivan, S., & Okten, S. S. (2008). Airborne *Alternaria* and *Cladosporium* species and relationship with meteorological conditions in Eskisehir City, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 144(1-3), 31–41. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9939-0>
- Ezpeleta-Baquedano, C., Barrios-Andrés, J. L., & Delgado-Iribarren García-Campero, A. (2013). Control microbiológico ambiental. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 31(6), 396–401. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2012.03.005>
- Fang, Z., Ouyang, Z., Hu, L., Wang, X., Zheng, H., & Lin, X. (2005). Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China. *The Science of the total environment*, 350(1-3), 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.01.032>

- Galante, D., Hartung de Capriles, C., Mata-Essayag, S., Conesa, A., Córdova, Y., Trejo, E., & Tassinari, P. (2006). Respiratory allergies in Venezuela: are fungi responsible?. *Mycoses*, 49(6), 493–498. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.2006.01273.x>
- Hidalgo, J. A., & Vazquez, J. A. (2012). Candidiasis. *E Medicine*. Disponible en: <http://emedicine.medscape.com/article/213853overview> (Acceso noviembre 2021).
- Horner, W. E., Helbling, A., Salvaggio, J. E., & Lehrer, S. B. (1995). Fungal allergens. *Clinical microbiology reviews*, 8(2), 161–179. <https://doi.org/10.1128/CMR.8.2.161>
- Kaur, R., Dhakad, M. S., Goyal, R., Bhalla, P., & Dewan, R. (2016). Spectrum of Opportunistic Fungal Infections in HIV/AIDS Patients in Tertiary Care Hospital in India. *Journal canadien des maladies infectieuses et de la microbiologie medicale*, 2016, 2373424. <https://doi.org/10.1155/2016/2373424>
- Kawel, N., Schorer, G., Desbiolles, L., Seifert, B., Marincek, B., & Boehm, T. (2011). Discrimination between invasive pulmonary aspergillosis and pulmonary lymphoma using CT. *European Journal of Radiology*, 77(3), 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.09.018>
- Khan, A., Karuppaiyil, S. M., Chary, M., Kunwar, I. K., & Waghay, S. (2009) Isolation, identification and testing of allergenicity of fungi from air-conditioned indoor environments. *Aerobiologia*, 25, 119–123. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10453-009-9114-x> (Acceso noviembre 2021).
- Lu, Y., Wang, X., Almeida, L. C., & Pecoraro, L. (2022). Environmental Factors Affecting Diversity, Structure, and Temporal Variation of Airborne Fungal Communities in a Research and Teaching Building of Tianjin University, China. *Journal of Fungi*, 8, 431. <https://doi.org/10.3390/jof8050431>
- Lugauskas, A., Levinskaite, L., & Peciulyte, D. (2003). Micromycetes as deterioration agents of polymeric materials. *International Biodeterioration Biodegradation*, 52(4), 233–242. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(03\)00110-0](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(03)00110-0)
- Molhave, L. (2011). Sick building syndrome. *Encyclopedia of Environmental Health*, 61–67. Disponible en: <https://hrcaj.srce.hr/35999> (Acceso noviembre 2021).
- Noris, F., Siegel, J. A., & Kinney, K. A. (2011). Evaluation of HVAC filters as a sampling mechanism for indoor microbial communities. *Atmospheric Environment*, 45(2), 338–346. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.10.017>
- Nyunoya, T., Mebratu, Y., Contreras, A., Delgado, M., Chand, H. S., & Tesfaigzi, Y. (2014). Molecular processes that drive cigarette smoke-induced epithelial cell fate of the lung. *American journal of respiratory cell and molecular biology*, 50(3), 471–482. <https://doi.org/10.1165/rcmb.2013-0348TR>
- Villanueva-Lozano, H., Treviño-Rangel, R. J., Renpenning-Carrasco, E. W., & González, G. M. (2017). Successful treatment of *Talaromyces amestolkiae* pulmonary infection with voriconazole in an acute lymphoblastic leukemia patient. *Journal of infection and chemotherapy : official journal of the Japan Society of Chemotherapy*, 23(6), 400–402. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2016.12.017>
- Villanueva-Lozano, H., Treviño-Rangel, R. J., Renpenning-Carrasco, E. W., & González, G. M. (2017). Successful treatment of *Talaromyces amestolkiae* pulmonary infection with voriconazole in an acute lymphoblastic leukemia patient. *Journal of infection and chemotherapy*, 23(6), 400–402. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2016.12.017>
- Sani, F. M., Uba, A., Tahir, F., Abdullahi, I. N., Adekola, H. A., Mustapha, J., Nwofe, J., Usman, Y., & Daneji, I. M. (2020). Spectrum of pulmonary fungal pathogens, associated risk factors, and anti-fungal susceptibility pattern among persons with presumptive tuberculosis at Gombe, Nigeria. *International journal of mycobacteriology*, 9(2), 144–149. [https://doi.org/10.4103/ijmy.ijmy\\_46\\_20](https://doi.org/10.4103/ijmy.ijmy_46_20)
- Shirakawa, M. A., Loh, K., John, V. M., Silva, M. E. S., & Gaylarde, C.C. (2011). Biodeterioration of painted mortar surfaces in tropical urban and coastal situations: comparison of four paint formulations. *International Biodeterioration Biodegradation*, 65(5), 669–674. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.03.004>
- Spader, A., & Catherine, R. N. (2010). Fungal Infections and Contagious Diseases. Disponible en: <http://www.localhealth.com> (Acceso noviembre 2021).
- Tshering, O., & Bhutia, L. A. (2015). Pulmonary mycoses among the clinically suspected cases of pulmonary tuberculosis. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 3, 260. Disponible en: <https://www.msjonline.org/index.php/ijrms/article/view/1247> (Acceso noviembre 2021).
- Haliki-Uztan, A., Ateş, M., Abaci, Ö., Gülbahar, O., Erdem, N., Çiftçi, Ö., & Boyacıoğlu, H. (2010). Determination of potential allergenic fungal flora and its clinical reflection in suburban elementary schools in Izmir. *Environmental monitoring and assessment*, 168(1-4), 691–702. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1144-x>

- Yassin, M. F., & Almouqatea, S. (2010) Assessment of airborne bacteria and fungi in an indoor and outdoor environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(3), 535-544. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03326162> (Acceso noviembre 2021).
- Yazicioglu, M., Asan, A., Ones, U., Vatansever, U., Sen, B., Ture, M., Bostancioglu, M., & Pala O. (2004). Indoor airborne fungal spores and home characteristics in asthmatic children from Edirne region of Turkey. *Allergologia et immunopathologia*, 32, 197–203. [https://doi.org/10.1016/s0301-0546\(04\)79239-3](https://doi.org/10.1016/s0301-0546(04)79239-3)
- Zeliger, H. I. (2003). Toxic effects of chemical mixtures. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 58(1), 23–29. <https://doi.org/10.3200/aeoh.58.1.23-29>