

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AIRE AL  
INTERIOR DE LAS INSTALACIONES DEL CEAD BUCARAMANGA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA**

**LINA MARCELA ARDILA MELÉNDEZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2019**

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AIRE AL  
INTERIOR DE LAS INSTALACIONES DEL CEAD BUCARAMANGA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA**

**LINA MARCELA ARDILA MELÉNDEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

**ASESORA:**

**MARIA FERNANDA DOMÍNGUEZ  
INGENIERA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2019**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado.

---

Firma del Jurado.

---

Firma del Jurado.

Bucaramanga, Agosto 1 de 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por iluminarme durante estos años de trabajo duro y permitirme la oportunidad de complementar mi formación académica, aun cuando la carga de otras obligaciones lo hacía parecer imposible. Hoy me siento muy afortunada de poder culminar este proceso, que inició incierto, pero del cual puedo llevarme buenos logros, experiencias y la firme convicción de continuar avanzando en el camino de la vida.

Agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por acogerme dentro de su familia unadista y ayudarme a ser una profesional con sentido crítico y consciente del papel que puedo desempeñar en la sociedad.

Agradezco a mi asesora de trabajo de grado, la ingeniera MARIA FERNANDA DOMÍNGUEZ por su constante motivación y enseñanzas, sin las cuales no habría sido posible darle forma a este propósito en un logro cumplido.

Agradezco a mi mamá y hermana, quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han acompañado en los buenos y malos momentos guiándome con sabiduría y amor.

Agradezco a todas y cada una de las personas, profesores, compañeros y amigos que han pasado por mi vida dejando huellas que aportan a la persona que soy en el presente y la que seré en el futuro.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
2. JUSTIFICACIÓN .....	15
3. OBJETIVOS .....	16
3.1. GENERAL.....	16
3.2. ESPECIFICOS.....	16
4. MARCO TEÓRICO.....	17
4.1. GENERALIDADES DE LOS HONGOS .....	17
4.2. HONGOS AMBIENTALES Y CALIDAD DE AIRE EN AMBIENTES DE INTERIORES .....	17
4.2.1. Aspergillus. ....	19
4.2.2. Penicillium. ....	20
4.2.3. Rhizopus.....	22
4.2.4. Cladosporium. ....	24
4.2.5. Curvularia.....	26
4.2.6. Fusarium.....	27
4.3. ALERGENOS FÚNGICOS .....	28
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	32
5.1. UBICACION .....	32
5.2. TIPO DE PROYECTO.....	32
5.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
5.3.1. Revisión de literatura .....	33
5.3.2. Selección de puntos de muestreo. ....	33
5.3.3. Preparación del material de muestreo. ....	36

5.3.4.	Técnica de muestreo y toma de muestras.....	37
5.3.5.	Evaluación de las muestras. ....	37
5.4.	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	38
6.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	39
6.1.	IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS Y MACROSCÓPICAS DE LOS HONGOS HALLADOS .....	39
6.2.	PORCENTAJE DE FRECUENCIA POR GÉNERO FÚNGICO IDENTIFICADO.....	49
6.3.	PATOLOGÍA Y ALERGENOS PRODUCIDOS POR LOS HONGOS FILAMENTOSOS AISLADOS .....	57
	METODOLOGÍA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN PARA LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, CEAD BUCARAMANGA.....	59
	CONCLUSIONES .....	60
	RECOMENDACIONES .....	61
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
	ANEXO.....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 y Figura 2. (Izquierda). Colonia de <i>Aspergillus flavus</i> de coloración verde. (Derecha). Colonia de <i>Aspergillus niger</i> de coloración negra .....	19
Figura 3 y Figura 4. (Izquierda). Estructura morfológica del <i>Aspergillus sp.</i> (Derecha). Estructura morfológica del <i>Aspergillus fumigatus</i> vista desde un microscopio .....	20
Figura 5 y Figura 6. (Izquierda). Colonia de <i>Penicillium sp.</i> , textura polvorosa con coloración verde azulosa y bordes blancos. (Derecha). Colonia de <i>Penicillium sp.</i> , pliegues radiales y coloración verde y bordes blancos .....	20
Figura 7 y Figura 8. (Izquierda). Estructura morfológica de <i>Pennicillium sp.</i> (Derecha). Vista de las estructuras de <i>Penicillium sp.</i> , al microscopio.....	21
Figura 9. Tipos de conidióforos y los subgéneros del <i>Penicillium</i> .....	22
Figura 10 y Figura 11. (Izquierda). Cultivo de <i>Rhizopus sp.</i> (Derecha). Cultivo en PDA de <i>Rhizopus sp.</i> .....	23
Figura 12 y Figura 13. (Izquierda). Estructura morfológica <i>Rhizopus sp.</i> (Derecha). Vista de los conidióforos de <i>Rhizopus sp.</i> , al microscopio. ....	24
Figura 14 y Figura 15. (Izquierda). Estructura morfológica de <i>Cladosporium sp.</i> (Derecha). Vista de las estructuras (conidios y conidióforos) de <i>Cladosporium sp.</i> , al microscopio. ....	25
Figura 16 y Figura 17. (Izquierda). Colonia de <i>Cladosporium sp.</i> , de tonalidad verde oliva con pliegues radiales con en un medio de cultivo. (Derecha). Colonia de <i>Cladosporium sp.</i> , en un medio de cultivo con una tonalidad verde marrón con presencia de exudado y pliegues radiales.	25
Figura 18. Colonia de <i>Curvularia sp.</i> , algodonosa y de color grisácea oscura en un medio de cultivo.....	26
Figura 19 y Figura 20. (Izquierda). Estructura morfológica <i>Curvularia sp.</i> (Derecha). Vista de las estructuras (hifas, septos, conidios y conidióforos) de <i>Curvularia sp.</i> , al microscopio.....	26
Figura 21 y Figura 22. (Izquierda). Estructura morfológica de <i>Fusarium sp.</i> (Derecha) y vista de las estructuras de <i>Fusarium sp.</i> , al microscopio con tinción de azul de algodón a 40x.....	27
Figura 23 y Figura 24. (Izquierda). Colonia de <i>Fusarium sp.</i> , algodonosa de coloración naranja rojizo. (Derecha). Colonia de <i>Fusarium sp.</i> , en un medio de cultivo PDA con aspecto algodonoso y una tonalidad naranja ligeramente lila. ....	28
Figura 25. Ubicación espacial del CEAD Bucaramanga. ....	32
Figura 26. Biblioteca del segundo piso designado como Punto 1.....	33
Figura 27. Oficina de la ECBTI en el cuarto piso designada como Punto 2.....	34
Figura 28. Pared lateral con un saliente de la cafetería/zona de descanso del personal en el primer piso designado como Punto 3.....	34
Figura 29. Cajas de Petri sobre el mesón del laboratorio de microbiología del cuarto piso designado como Punto 4. ....	35
Figura 30. Interior del Auditorio Guane designado como el Punto 5. ....	35

Figura 31 y Figura 32. Zona de recepción del primer piso donde se colocaron las cajas de Petri (Izquierda) y, oficina de registro y control en el primer piso ambas áreas designadas como Puntos 6 y 8, respectivamente (Derecha).	36
Figura 33. Oficina de ECAPMA en el tercer piso designada como Punto 7.	36
Figura 34. Cajas de Petri con agar Sabouraud al 4%.	37
Figura 35 y Figura 36. Vista de los conidióforos redondeados con una o dos filas de fiálides compuestas por microconidios de tonalidades oscuras (Izquierda) y verde claro (Derecha).	40
Figura 37 y Figura 38. Colonias de hongos filamentosos vistos en el anverso de una primera caja (izquierda) y reverso (derecha), en esta segunda caja se visualiza que la colonia de <i>Aspergillus sp.</i> , no presenta pigmento en el reverso.	41
Figura 39 y Figura 40. Vista microscópica de los hifas septadas, conidióforos y conidios en cadena característicos del género <i>Cladosporium sp.</i>	41
Figura 41 y Figura 42. Colonias con diferentes apariencias macroscópicas pertenecientes al género <i>Cladosporium sp.</i>	42
Figura 43 y Figura 44. Características morfológicas del género <i>Curvularia sp.</i> , en las muestras examinadas con ligeras variaciones en la tonalidad y forma de los conidios: media luna (izquierda) y elipsoidales (derecha).	43
Figura 45 y Figura 46. Colonias de <i>Curvularia sp.</i> , al anverso del agar con diferentes tonalidades: gris oliva (Izquierda) y negra (Derecha).	43
Figura 47. Reverso del agar donde se observa la coloración oscura y las estrías que dividen la colonia de <i>Curvularia sp.</i>	44
Figura 48. Esporangios de tonalidades marrón oscuro con forma redonda y en la base se observan algunos rizoides.	45
Figura 49 y Figura 50. Vista macroscópica de la colonia de <i>Rhizopus sp.</i> (Izquierda) y vista del anverso de la misma caja (Derecha).	45
Figura 51 y Figura 52. Presencia de macroconidias hialinas con tinción de azul de lactofenol (Izquierda), y macroconidias con bordes ligeramente azulados con tinción de azul de metileno (Derecha).	46
Figura 53. Colonia de <i>Fusarium sp.</i> , vista del anverso de la caja, de apariencia algodonosa y una tonalidad rosada-naranja pálido.	47
Figura 54 y Figura 55. Estructuras características del género <i>Penicillium sp.</i> , donde se observan conidióforos ramificados en dos a tres verticilos.	48
Figura 56 y Figura 57. Colonia verde oliva de apariencia polvorosa y de forma redondeada con estrías (Izquierda). Colonias verde azuladas con borde blanco con estrías circulares y de apariencia polvorosa (Derecha).	48



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. <i>Características químicas y composición de dos medios de cultivo utilizados para el aislamiento de hongos ambientales.</i> .....	18
Cuadro 2. <i>Listado de alérgenos fúngicos más comunes reportados en la literatura científica</i> .....	29
Cuadro 3. <i>Asociaciones de hongos que generan una reacción inmunológica cruzada mediada por IgE</i> .....	30
Cuadro 4. <i>Descripción microscópica y macroscópica del género Aspergillus sp.</i> .....	39
Cuadro 5. <i>Descripción microscópica y macroscópica del género Cladosporium sp.</i> .....	41
Cuadro 6. <i>Descripción microscópica y macroscópica del género Curvularia sp.</i> .....	42
Cuadro 7. <i>Descripción microscópica y macroscópica del género Rhizopus sp.</i> .....	44
Cuadro 8. <i>Descripción microscópica y macroscópica del género Fusarium sp.</i> .....	46
Cuadro 9. <i>Descripción microscópica y macroscópica del género Penicillium sp.</i> .....	47
Cuadro 10. <i>Patologías y alérgenos asociados a los géneros de hongos filamentosos identificados.</i> .....	57

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 1</i> .....	49
Gráfica 2. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 2</i> .....	50
Gráfica 3. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 3</i> .....	50
Gráfica 4. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 4</i> .....	51
Gráfica 5. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 5</i> .....	51
Gráfica 6. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 6</i> .....	52
Gráfica 7. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 7</i> .....	53
Gráfica 8. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 8</i> .....	53
Gráfica 9. <i>Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso en el total de puntos evaluados</i> .....	55

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Porcentaje y frecuencia de aislamientos totales de acuerdo al género fúngico identificado</i> .....	54
---	----

## RESUMEN

Las esporas y células fúngicas en ambientes intramurales suelen asociarse a partículas inertes o biológicas suspendidas en el aire en forma de bioaerosoles, los cuales, pueden ser fácilmente inhalados por una persona y así, producir efectos adversos en la salud humana. Este mecanismo de propagación es relevante en el ámbito laboral porque afecta de forma negativa la salud del trabajador si se consideran factores de riesgo como la cantidad de horas que pasa una persona al interior de un edificio, las actividades que realiza en ese periodo de tiempo en un espacio físico reducido, y las condiciones medio ambientales que favorecen el desarrollo y proliferación de estos microorganismos. El presente trabajo se planteó con el objetivo de caracterizar los microorganismos fúngicos presentes en el aire dentro de las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, mediante: a) la identificación de los mismos a nivel de género, b) la recopilación de información relacionada con su potencial patógeno y, con los datos obtenidos, c) la elaboración de una metodología de limpieza y desinfección aplicable a la institución. Los hallazgos obtenidos durante tres semanas de muestreo entre los meses de Noviembre y Diciembre del año 2018 permiten confirmar la presencia de los géneros *Aspergillus sp.*, (17.36%), *Penicillium sp.*, (14.91%), *Cladosporium sp.*, (8.07%), *Fusarium sp.*, (7.70%) del total de 818 muestras revisadas. Los resultados muestran datos similares con reportes de autores nacionales e internacionales efectuados en espacios de interiores como bibliotecas y complejos de oficinas; mientras que otros estudios científicos corroboran que estos géneros poseen alérgenos capaces de promover el desarrollo de enfermedades alérgicas en el ser humano y además, contribuyen al deterioro de estructuras de construcción y materiales de diferente composición. Se sugiere continuar con la investigación que permita indagar sobre los riesgos ocupacionales asociados a la calidad del aire a nivel microbiológico y los factores ambientales que favorezcan la propagación y permanencia de microorganismos con potencial patógeno.

**Palabras claves:** Ambientes de interior, hongos, medio de cultivo, síndrome del edificio enfermo.

## ABSTRACT

*The fungal spores and cells in intramural environments are usually associated with inert and biological airborne particles in the form of bioaerosols, which can be easily inhaled by a person and produce adverse human health effects. This spread mechanism is important at the labor sphere because it affects the negative way workers' health if we considerate the risk factors like the number of occupancy hours for one person at a reduced space, and the environmental conditions that promote development and propagation of these microorganisms. The present study was proposed with the aim to characterize fungal microorganisms in air inside of CEAD Bucaramanga of Universidad Nacional Abierta y a Distancia, through a) fungal identification at genre level, b) information's compilation related with their pathogen potential and, with this data, c) the develop of a cleaning and disinfection methodology applied at the university. Findings obtained during three weeks of sampling between the months November and December of the year 2018 confirm the presence of the genera *Aspergillus sp.*, (17.36%), *Penicillium sp.*, (14.91%), *Cladosporium sp.*, (8.07%), *Fusarium sp.*, (7.70%) of the total 818 samples reviewed. The results showed similar data with reports of national and international authors made in indoor spaces like libraries and office complexes; while other scientist studies corroborate that these genera have allergens capable to promote the development of allergic diseases in humans and also contribute to the deterioration of construction structures and different kind's building materials. The author of this study suggests continue with the research for inquiring about occupational risks associated with air quality at the microbiological level and the environmental factors that promote spread and permanence of microorganisms with pathogen potential.*

**Keywords:** *indoor environments, culture medium, fungus, sick building syndrome.*

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la calidad de aire en los espacios donde se desarrollan las actividades humanas se ha convertido en un tema importante en la actualidad (Jara-Hernández y Piraquive-Mórtola, 2016; Ortiz-Macea y García-Hincapié, 2016) debido a los cambios ocurridos en el estilo de vida del hombre, que han originado la contaminación del medio ambiente y consecuentemente, una mayor disposición y prevalencia de enfermedades respiratorias y cutáneas generalmente asociadas a microorganismos (Schulze et al., 2017), compuestos químicos y partículas presentes en el aire (Ghorani-Azam et al., 2016).

La normatividad legal vigente y las regulaciones sobre este tema se han enfocado en el monitoreo de los ambientes exteriores, puesto que las emisiones del transporte, industria y otras actividades son enviadas directamente a la atmósfera, lo cual favorece una mayor propagación y contacto directo por parte de la población (Zhou et al., 2018). Sin embargo, en la actualidad, ha aumentado el interés por realizar este tipo de estudios en ambientes interiores como edificios, viviendas o instalaciones públicas, ya que, es cada vez mayor el tiempo que permanece una persona dentro de una edificación, predisponiéndola a una exposición prolongada a bioaerosoles y otros factores que afectan su salud (Hayleeyesus y Manaye, 2014; Cardozo-Becerra y Araque-Muñoz, 2015).

Así es como en diversas parte del mundo se ha iniciado el monitoreo de la calidad de aire intramural a través, de la identificación y cuantificación de microorganismos fúngicos como un indicador de la salud o enfermedad de un lugar (Cabral, 2010), en parte, porque hasta los años 70 se consideraba que el aire exterior era el único factor que influenciaba la calidad del aire en los espacios confinados, afirmación que cambió por la innovación en las técnicas de construcción y los materiales empleados; además, porque se ha reconocido una relación entre la aparición de síntomas de enfermedad en los trabajadores en diferentes escenarios, las actividades realizadas al interior de un lugar y las concentraciones de carga fúngica en el medio (Cabral, 2010; Śmielowska, et al., 2017).

El presente trabajo es el inicio de un proceso de reconocimiento respecto a las condiciones microbiológicas presentes al interior de las instalaciones de la institución, y se espera que sea el primero de muchos trabajos similares, con el fin de lograr una caracterización completa del lugar y a partir de ello, emprender las acciones preventivas y correctivas que mantengan las condiciones medio ambientales adecuadas para el personal que labora y estudia en la universidad.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La proliferación de enfermedades de carácter respiratorio en el personal dentro de las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) puede estar asociada a la presencia de microorganismos como hongos y/o bacterias suspendidos en el aire o depositados en el polvo en superficies como paredes, mobiliario y equipos de aire acondicionado que, alteran la calidad del aire en los ambientes de interiores, en parte, porque se reúnen condiciones ambientales y otros factores de riesgo que permiten su proliferación, así como la acumulación y persistencia de otros contaminantes (Haas et al., 2014; Azuma et al., 2018). Por ello, una persona que pasa entre el 58% al 78% de su tiempo al interior de un edificio o instalación (residencia o lugar de trabajo) se encuentra expuesta a un posible desarrollo de alergias y afecciones respiratorias (Wemedo et al., 2012; Cardozo-Becerra y Araque-Muñoz, 2015).

Para el caso de los microorganismos fúngicos, estos se han considerado componentes normales de ambientes externos e internos (Herrera et al., 2015), pero cuando se les suministra temperatura, ventilación y humedad adecuada, pueden crecer y proliferar a través de esporas y aerosoles que les facilita la colonización de diferentes tipos de materia muerta u orgánica como el tracto respiratorio o tegumento de seres humanos susceptibles y, generar afectaciones en la salud del hombre, así como deteriorar estructuras de construcción, materiales y equipos (Guerrero, et al., 2003; Molina-Veloso y Borrego-Alonso, 2017).

La normatividad sobre la calidad de aire en Colombia y a nivel internacional en ambientes de interiores para contaminantes biológicos fúngicos respecto a concentraciones permisibles que puedan considerarse patógenos o no patógenos para el hombre no está determinada, pero empieza a cobrar importancia al observarse el desarrollo de estudios en diversos países y guías internacionales que están disponibles para consulta como la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5183, la Guía de la OMS sobre la calidad del aire de interior: Humedad y moho” (2009), las normas técnicas de medición de Baubiologie de la Unión Europea y las Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment por parte de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) (García-Miniet y Sánchez-Espinosa, 2012).

Mientras que, la identificación taxonómica de estos microorganismos en diferentes ambientes intramurales es bastante común en los estudios sobre calidad de aire (Ross et al., 2004; Maldonado-Vega et al., 2014; Pavan y Manjunath, 2014), ya que interesa conocer los microorganismos específicos que habitan en un área en particular con el fin de asociarlos a la generación de enfermedades y al deterioro de superficies. Por tal razón, nos preguntamos ¿Qué hongos ambientales están presentes en las instalaciones del CEAD Bucaramanga y que potencial patógeno pueden presentar para la salud de los trabajadores?

## 2. JUSTIFICACIÓN

El aire en ambientes de interiores presenta diferentes tipos de partículas suspendidas como polvo, aerosoles y microorganismos, los cuales, pueden proliferar debido a condiciones medioambientales favorables y provocar síndromes ocupacionales como el síndrome del edificio enfermo (BRS, por sus siglas en inglés), enfermedades dermatológicas por contacto y enfermedades respiratorias debido a su inhalación por los trabajadores (Hayleeyesus y Manaye, 2014; Tham, 2016; Azuma et al., 2018).

La caracterización y el monitoreo de ambientes laborales debe ser una actividad a llevar a cabo de forma periódica en empresas e instituciones con el fin de garantizar una adecuada calidad de aire al interior de las instalaciones que reduzca los riesgos de enfermedades en los trabajadores. Por ello, se consideró importante caracterizar los organismos fúngicos presentes en las instalaciones del CEAD Bucaramanga, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, como una primera fase para evaluar la calidad del aire dentro del edificio universitario, teniendo en cuenta que estos microorganismos pueden vivir en diversos hábitats debido a su capacidad de adaptación reproductiva y para descomponer diferentes tipos de material orgánico gracias a las enzimas que producen (Brooks et al., 2011).

Aunque no están definidas las concentraciones que puedan ser consideradas patógenas de estos organismos, su sola presencia *in situ* no genera una enfermedad alérgica en los individuos expuestos, en muchos casos es necesario que la persona esté inmunocomprometida o sea susceptible, además, se ha establecido que la contaminación de ambientes exteriores influye e incluso puede ser menor en comparación a los ambientes de interiores, respecto a la carga de microorganismos y otros contaminantes atmosféricos (Cardozo-Becerra y Araque-Muñoz, 2015). El punto de considerar estos estudios, recae en la necesidad de mantener y controlar buenos niveles de ventilación y de higiene dentro de los edificios, así como emplear materiales de construcción que sean más resistentes a la degradación y, a los cambios mecánicos y físicos inducidos por los hongos (De Turrís et al., 2013).

Al respecto, estudios similares realizados en la región se han relacionado con la presencia de síntomas respiratorios en niños y zonas residenciales para estudios epidemiológicos (Villamizar et al., 2010; Herrera et al., 2011), en lugares concurridos con gran acumulación de personas como clínicas y hospitales (Moreno, 2008) y sólo unos pocos en oficinas y otras organizaciones teniendo en cuenta el tema de la salud de los trabajadores (Mantilla et al., 2016). Como entidad educativa, este tipo de estudios constituyen un medio adecuado para formar profesionales en el área ambiental que consideren la importancia no sólo del manejo de la contaminación de ambientes de exteriores, sino también, tengan en cuenta, que la ocurrencia de ciertas enfermedades, pueden estar asociadas a la calidad del aire en ambientes de interiores.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1.GENERAL**

Caracterizar microbiológicamente la calidad de aire al interior de las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

#### **3.2.ESPECIFICOS**

- Identificar el género de los microorganismos fúngicos presentes al interior de las instalaciones del CEAD Bucaramanga.
- Determinar el potencial patógeno que representa para la salud de los trabajadores los microorganismos fúngicos encontrados en el ambiente interior de las instalaciones del CEAD.
- Proponer una metodología de limpieza y desinfección de acuerdo a los microorganismos fúngicos aislados y a las características de las instalaciones del CEAD.



## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1.GENERALIDADES DE LOS HONGOS**

Los hongos son organismos unicelulares o pluricelulares eucariotas que presentan una rígida pared celular formada por quitina y glucano, una membrana celular donde el ergosterol sustituye al colesterol como principal componente esteroideo (Murray et al., 2013). Son aerobios obligados o facultativos y requieren un rango de temperatura para crecer entre los 20°C a 30°C, aunque los hongos patógenos que causan micosis sistémicas pueden tolerar temperaturas de 37°C (Brooks et al., 2011). Son quimiótrofos, secretores de enzimas que degradan una amplia variedad de sustratos orgánicos en nutrientes para ser absorbidos pasivamente o integrados a la célula por transporte activo (Brooks et al., 2011).

Comparados con las bacterias, los hongos son de crecimiento lento cuyos tiempos de duplicación celular alcanzan horas en lugar de minutos (Murray et al., 2013). Están compuestos por estructuras filamentosas llamadas hifas que conforman en su conjunto un micelio, el cual, se considera el cuerpo vegetativo del hongo (Tortora et al., 2007). Se caracterizan por presentar dos tipos de reproducción: sexual y asexual, dependiendo de las condiciones medioambientales: La reproducción asexual ocurre por fragmentación de las hifas o por la producción de conidios o esporas, mientras que la reproducción sexual implica la especialización de las hifas para formar gametangios para que el material genético de dos progenitores se reúna, ya sea a través de hifas no especializadas, por fusión de gametos o por fusión de los gametangios (Curtis et al., 2008; Brooks et al., 2011).

### **4.2.HONGOS AMBIENTALES Y CALIDAD DE AIRE EN AMBIENTES DE INTERIORES**

En el aire de ambientes externos, las esporas fúngicas son componentes normales, sin embargo, suelen estar presentes en ambientes de interiores (Calizaya et al., 2010) unidas a células fúngicas y bacterianas en forma de bioaerosoles (Cabral, 2010); estas partículas ingresan al interior de las edificaciones a través de sistemas de ventilación y aire acondicionado, puertas, ventanas y junto con otros contaminantes (Shelton et al., 2002), por lo que la medición de su concentración total es comúnmente utilizada como variable para determinar la exposición a estos microorganismos (Chao et al., 2002). Actualmente, no existe una norma internacional que establezca una concentración mínima o máxima de esporas para declarar que un ambiente este contaminado o no, algunos autores sugieren considerar el valor máximo permisible de 1000 esporas/m<sup>3</sup> (Sánchez-Espinosa y Almaguer-Chávez, 2014).

La concentración de esporas fúngicas depende de varios factores biológicos como: la magnitud de esporulación (dependiente de una óptima temperatura), la humedad relativa

atmosférica y las corrientes de aire, estas últimas pueden influir en la liberación de conidios y; la dimensión y peso de los conidios, lo cual está relacionado con el tipo de hongo que la produce (Cabral, 2010).

Para cuantificarlos e identificarlos es necesario emplear un medio de cultivo (Ikechi-Nwogu y Elenwo, 2012), el cual consiste en una sustancia líquida o sólida que cuenta con los nutrientes necesarios para el desarrollo de un determinado microorganismo o un grupo de microorganismos. Los medios normalmente empleados en muchos estudios son: a) Agar Sabouraud al 4%, el cual está compuesto de glucosa y peptona modificada, característica que le otorga una leve selectividad contra el crecimiento de bacterias, sin embargo, cuando no se cuenta con muestras estériles, se usan antibióticos como la gentamicina y el cloranfenicol para inhibir bacterias; mientras que la cicloheximida se suele emplear como inhibidor del crecimiento de mohos saprófitos (Brooks et al., 2011); y b) El Agar Papa Dextrosa (PDA) ya que permite el crecimiento de levaduras y mohos, y a diferencia de otros medios, promueve una mejor esporulación de las muestras; cuenta además, con un pH ácido que disminuye el éxito de colonización por bacterias, sin embargo, se suele suplementar con ácidos o antibióticos para inhibir el crecimiento bacteriano (Cañedo y Ames, 2004) (Cuadro 1).

Cuadro 1. *Características químicas y composición de dos medios de cultivo utilizados para el aislamiento de hongos ambientales.*

Nombre del medio de cultivo	Información fisicoquímica	Fórmula (en gramos por litro)
Agar Papa Dextrosa (Merck)	pH 5.6 Densidad aparente 610 Kg/m <sup>3</sup> Solubilidad 39 g/l	Infusión de papa (de 200 g de papa) (4 g/l) Dextrosa (20 g/l) Agar (15g/l)
Agar Sabouraud 4% (Merck)	pH 5.6 Densidad aparente 680 Kg/m <sup>3</sup> Solubilidad 65 g/l	Peptona de caseína (5 g/l) Peptona de tejido animal (5 g/l) Dextrosa (40g/l) Agar (15g/l)

Nota: Tomado de Laboratorio Merck Millipore, 2019 (a, b).

Estudios relacionados con la caracterización en ambientes intramurales reportan que los géneros con mayor frecuencia aislados son el *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, y *Cladosporium sp.* (Yassin y Almouqatea, 2010; Toloza y Lizarazo, et al., 2013; Herrera et al., 2015); sin embargo, se ha hecho cada más común hallar *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.*,

*Fusarium sp.*, *Rhizopus sp.*, y *Acremonium sp.*, (Hsu, et al., 2012; Sánchez-Espinosa y Almaguer-Chávez, 2014; Landry et al., 2018). A continuación, se describen de forma general algunas características macroscópicas y microscópicas estos hongos filamentosos, anteriormente mencionados:

**4.2.1. Aspergillus.** Pertenece al filo Ascomycota y presenta una amplia distribución en el ambiente, en medios como el suelo, agua y aire, y su alta prevalencia lo ha asociado como agente oportunista debido a que sus esporas pueden permanecer por largos periodos de tiempo en el aire, facilitando así su contacto directo con superficies (Cárdenas, et al., 2008).

Las colonias tienden a presentar un crecimiento rápido entre 3 a 5 días (Koneman et al., 2006), al principio, pueden verse blancas, algodonosas, pero cuando están maduras se ven granuladas, aterciopeladas o pulverulentas con presencia de surcos en algunas especies (Cifuentes y Espinosa, 2008). Presentan diferentes colores en las estructuras aéreas (micelio y conidióforos) como verde, oliva, pardo, amarillo, blanco, gris y negro dependiendo de la especie (Carrillo, 2003), mientras que el reverso del agar puede ser café, rojo oscuro, rosado, blanco, amarillo o incoloro (Romero, 2014).

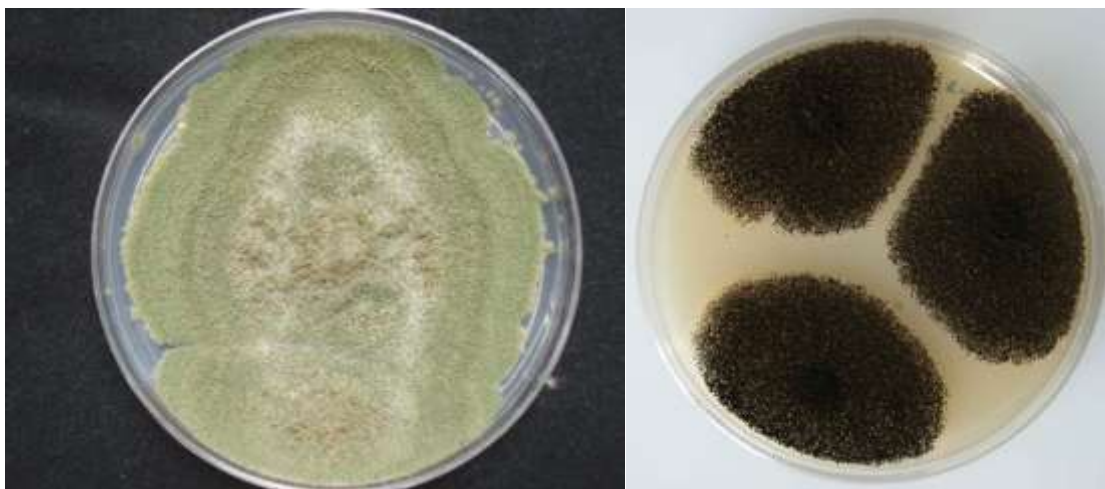


Figura 1 y Figura 2. (Izquierda). Colonia de *Aspergillus flavus* de coloración verde. En *Micología Médica Básica* (p. 68) por Bonifaz, A, 2012, México: McGraw Hill. (Derecha). Colonia de *Aspergillus niger* de coloración negra. Tomado de Caso 76 por Martínez, L.S., 2015. Recuperado de <http://www.infectosos.com/2015/12/tos-de-dos-meses-y-aspergillus-en.html>

Microscópicamente, desarrollan hifas tabicadas hialinas, uniformes, con una célula basal que origina el conidióforo, el cual, se extiende hasta formar una vesícula dilatada a partir de la cual surgen las fiálides, de ellas, se originan los conidios pigmentados (Koneman et al., 2006). Al igual que sucede con las variaciones de las características macroscópicas, la longitud y ancho de conidióforos, tamaño y contorno de la vesícula, la disposición de las

fiálides, y el tamaño, longitud y color de los conidios dependerán exclusivamente de la especie aislada (Koneman et al., 2006). Las formas más comunes que puede adoptar los conidióforos son globosa, radiada, columnar o claviforme (Carrillo, 2003).

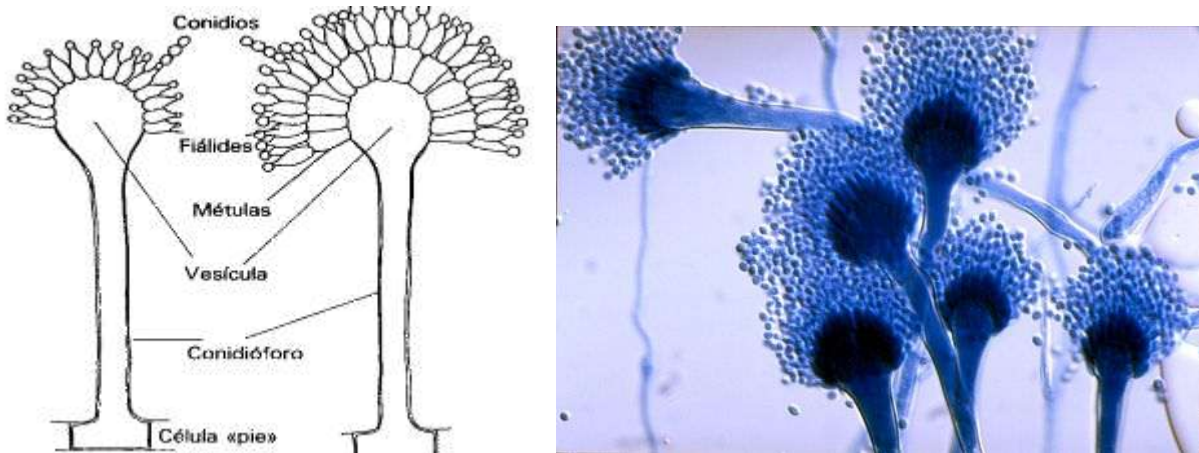


Figura 3 y Figura 4. (Izquierda). Estructura morfológica del *Aspergillus sp.* Tomado Aspergillus y aspergilosis por Alcalá, L & Bouza E. Recuperado de [http://www.adiveter.com/ftp\\_public/articulo782.pdf](http://www.adiveter.com/ftp_public/articulo782.pdf) (Derecha). Estructura morfológica del *Aspergillus fumigatus* vista desde un microscopio. Tomado de Aspergillus fumigatus y aspergilosis por Microbe Wiki. Recuperado de [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Aspergillus\\_fumigatus\\_and\\_Aspertilosis](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Aspergillus_fumigatus_and_Aspertilosis).

**4.2.2. Penicillium.** Hongo perteneciente al filo Ascomycota, y se caracteriza por su crecimiento rápido, inicialmente puede ser una colonia de color blanco aterciopelada, pero a medida que crece adquiere tonalidades azules, azules verdosas, verdes, grises oliva o tonos rosados, cubierta de esporos con aspecto polvoriento y gotas de exudado, mientras que el reverso puede ser amarillo cremoso (Cifuentes y Espinosa, 2008).



Figura 5 y Figura 6. (Izquierda). Colonia de *Penicillium sp.*, textura polvorosa con coloración verde azulosa y bordes blancos. Tomado de Penicillium (moho verde-azul) por Setas Alucinógenas, 2015. Recuperado de

<https://setasalucinogenas.com/cultivo/contaminaciones/penicillium-moho-verde-azul/> (Derecha). Colonia de *Penicillium sp.*, pliegues radiales y coloración verde y bordes blancos. Tomado de Penicillium chrysogenum por Aguilar, C.B., 2016. Recuperado de <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjb-9aNxs7jAhVLqlkKHRw6DcsQjhx6BAgBEAM&url=http%3A%2F%2Fri.uaemex.mx%2Fbitstream%2F20.500.11799%2F64290%2F1%2Fsecme-18712.pptx&psig=AOvVaw303DRMWQmjjGy1pM8wQSX4&ust=1564091789252494>

Microscópicamente, presenta hifas hialinas tabicadas con conidióforos con forma de pincel, esta estructura se extiende de una estipe que a medida que crece origina ramas secundarias denominadas métulas, las cuales tienden a ser cilíndricas y con paredes lisas, a partir de ellas surgen de 3 a 6 fiálides en forma de matraz donde se desarrollan largas cadenas de esporas o conidios (Martínez-Benítez, 2004). Es importante considerar que la morfología del conidióforo determina la clasificación de este hongo en cuatro subgéneros en los que se divide el género, por lo que existen conidióforos monoverticilado, biverticilado, terverticilado y cuaterverticilado (Martínez-Benítez, 2004) (Figura 9).

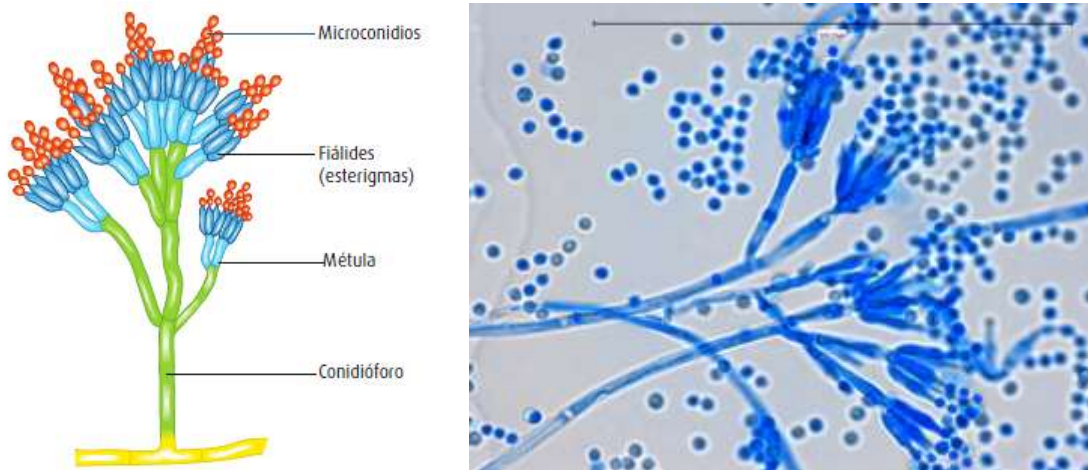


Figura 7 y Figura 8. (Izquierda). Estructura morfológica de *Penicillium sp.* En *Micología Médica Básica* (p. 72) por Bonifaz, A, 2012, México: McGraw Hill. (Derecha). Vista de las estructuras de *Penicillium sp.*, al microscopio. Tomado de *Penicillium citrium* por Fun with microbiology, 2015. Recuperado de <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.com/2015/08/penicillium-citrium.html>

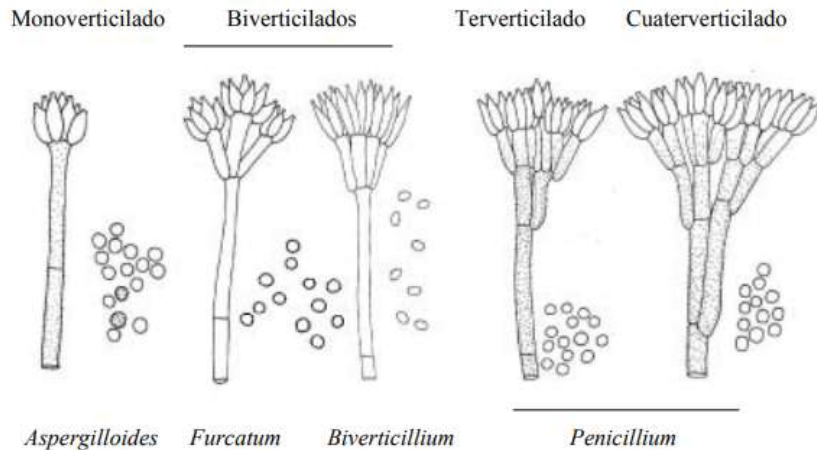


Figura 9. Tipos de conidióforos y los subgéneros del *Penicillium*. Tomado de Estudios de especies micotoxígenas del género *Penicillium*: *Penicillium verrucosum* Dierckx (p.20), por Martínez-Benítez, 2004. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5598/emb1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Como fitopatógeno es reconocido en el área agrícola por la producción de enfermedades en diferentes cultivos de frutas y vegetales (Allende-Molar et al., 2013; Velásquez, et al., 2014), mientras que puede ser considerado un riesgo para la salud humana debido a que produce micotoxinas con variadas estructuras químicas y biológicas que afectan órganos importantes como riñón, hígado y sistema nervioso (Comerio, 2000).

**4.2.3. Rhizopus.** Hongo filamentoso ampliamente distribuido en el medio en suelo, materia orgánica y material fecal, pertenece a la familia de los Zigomicetos, cuya principal característica es su rápido crecimiento bajo condiciones de alta humedad, esporulan rápido y colonizan lugares con alto contenido de carbohidratos (Arias-León y Garzón-Herazo, 2010). En el hombre puede producir la zigomicosis o mucormicosis, enfermedad que se presenta en pacientes que poseen enfermedades de base como diabetes, desnutrición, neutropenia o cetoacidosis (muy raros casos en personas sanas), con una forma clínica diferente: rinocerebral, pulmonar, cutánea, gastrointestinal o diseminada (Torres-Narbona, et al., 2007). Existen tres vías de infección: la inhalación de sus esporas, inoculación directa por trauma de la piel o ingesta de alimentos contaminados (Arias-León y Garzón-Herazo, 2010).

Suele presentar un micelio vegetativo bien desarrollado que le permite formar colonias algodonosas en la superficie de los sustratos donde crece (Álvarez y Vázquez, 2011). Al inicio son colonias con micelio aéreo blanco que van cambiando a un tono grisáceo sin bordes definidos (Cruz-Lachica et al., 2017), otras especies pueden presentar color negro pardo (Lezcano et al., 2010).



Figura 10 y Figura 11. (Izquierda). Cultivo de *Rhizopus sp.* Tomado de *Rhizopus spp.*, por Galería de identificación micológica, 2016, <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/03/18/rhizopus-spp/> (Derecha). Cultivo en PDA de *Rhizopus sp.* En Técnicas básicas de microbiología. Observación de hongos filamentosos por Álvarez, B.P., y Vázquez, C., 2011, *Reduca*, Vol.2, p. 7.

Vistos microscópicamente, presenta rizoides en forma de dedos o ramificados de longitud desigual, con un pardo grisáceo, más pálidos en la punta; estas estructuras se reúnen en un estolón a partir del cual crecen los esporangioforos, aunque a veces los esporangioforos pueden surgir directamente del micelio y estar ausente el estolón (Hartanti et al., 2015). Los esporangioforos pueden estar solos o en grupos de 2 o 3, son simples, rectos, curvados de tonalidades marrón claro a oscuro, sin septos, y algunas veces bifurcados o trifurcados en el ápice o en el centro, a partir de ellos surgen los esporangios, estructuras que generalmente son de color marrón oscuro a negro, tienen forma de saco y contienen esporangiosporas (Hartanti et al., 2015). La forma de las esporangiosporas puede ser de diferentes formas: alargadas, ovaladas y redondas, de tamaño variable (Lezcano et al., 2010).

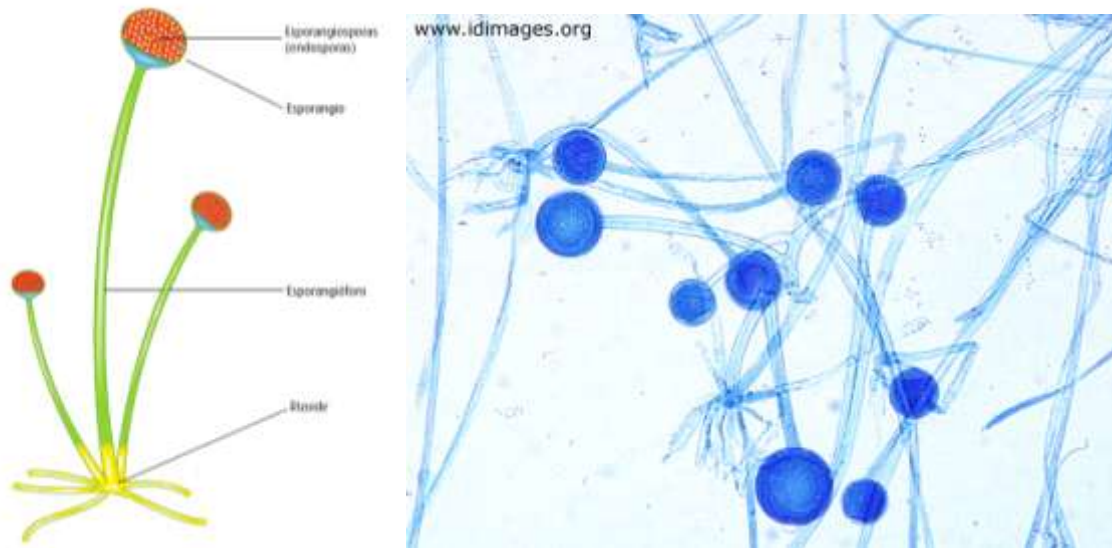


Figura 12 y Figura 13. (Izquierda). Estructura morfológica *Rhizopus sp.* En *Micología Médica Básica* (p. 63) por Bonifaz, A, 2012, México: McGraw Hill. (Derecha). Vista de los conidióforos de *Rhizopus sp.*, al microscopio. Tomado de *Rhizopus spp.*, por Galería de identificación micológica, 2016 Recuperado de <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/03/18/rhizopus-spp/>

**4.2.4. Cladosporium.** Hongo saprófito ampliamente distribuido y común en ambiente de interiores que suele encontrarse en textiles, cuero, caucho y madera. Sus esporas pueden viajar grandes distancias a través de partículas de polvo, y son capaces de resistir diferentes rangos de temperatura lo que incluso le permite sobrevivir a condiciones mínimas de humedad (Borrego, 2012). Estudios demostraron que su inhalación por parte del hombre puede producir síntomas respiratorios alérgicos, siendo mayor la exposición en verano cuando la concentración de conidios en el ambiente tiende a ser mayor, según reportes por diferentes autores (Ramos y Meza, 2018).

Se caracteriza microscópicamente por tener un micelio septado y presentar conidióforos largos y oscuros en posición vertical, con conidios ovalados, irregulares o cilíndricos de color marrón, oscuro o negro (Delgado-Méndez et al., 2013), en otras especies, los conidióforos pueden ser marrón pálido o amarillentos, y sus conidios pueden ser cilíndricos con extremos redondeados, eclipsoidales o subesféricos (Delgado-Méndez et al., 2013). Los conidios son producidos en cadena de la parte terminal de fiálide y en algunas especies, el último conidio de la cadena es más largo que lo demás (Sciortino, 2017). Las esporas que puede formar este hongo pueden medir entre 4 a 20  $\mu\text{m}$  y suelen presentar melanina, lo que las hace resistentes a condiciones medio ambientales adversas (Almaguer-Chávez et al., 2014).



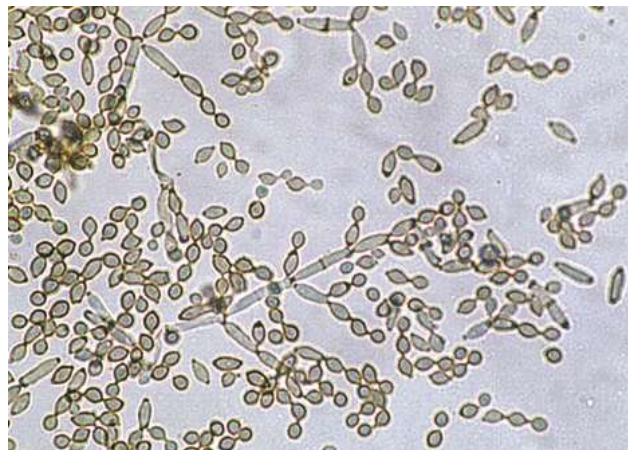
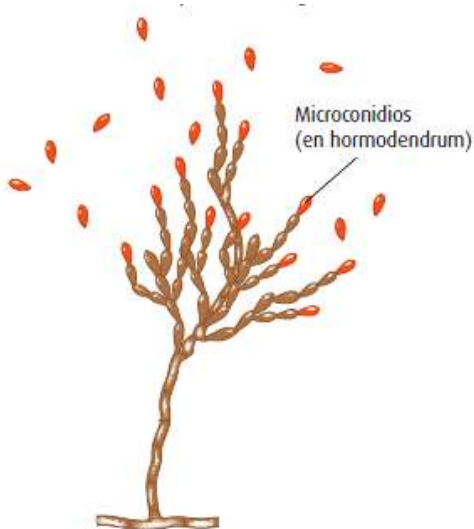


Figura 14 y Figura 15. (Izquierda). Estructura morfológica de *Cladosporium sp.* En *Micología Médica Básica* (p. 75) por Bonifaz, A, 2012, México: McGraw Hill. (Derecha). Vista de las estructuras (conidios y conidióforos) de *Cladosporium sp.*, al microscopio. Tomado de Mycology Online por The University of Adelaide, 2019. Recuperado de <https://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/hyphomycetes/cladosporium/>

Macroscópicamente, las colonias tienen apariencia algodonosa o polvorosa con pliegues radiales cuyos colores en el anverso van desde el verde olivo grisáceo claro u obscuro hasta tonalidades marrones (Lezcano et al., 2010).

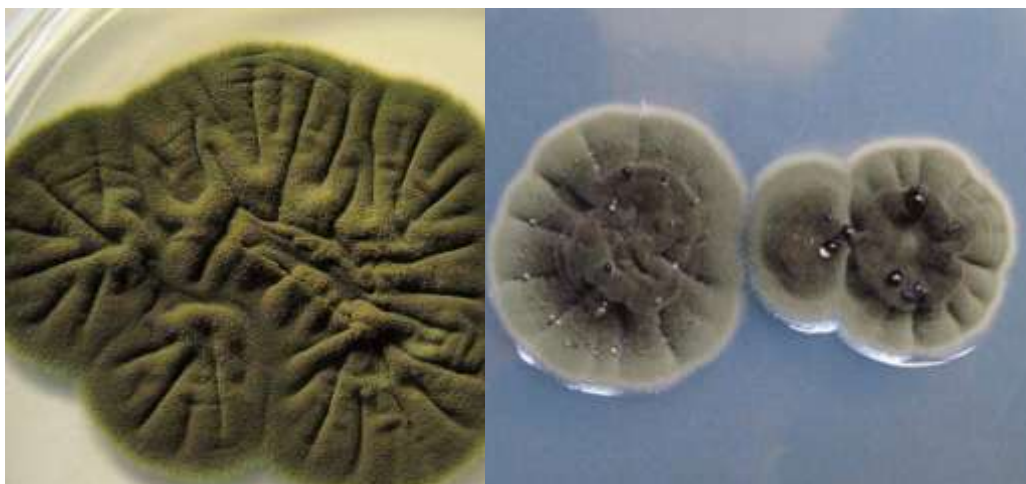


Figura 16 y Figura 17. (Izquierda). Colonia de *Cladosporium sp.*, de tonalidad verde oliva con pliegues radiales con en un medio de cultivo. Tomado de Colonia de *Cladosporium* por Patricio Godoy de *Micología Médica*, 2016. Recuperado de [http://pgodoy.com/22549042\\_10214297856060220\\_115456426126108162\\_o/](http://pgodoy.com/22549042_10214297856060220_115456426126108162_o/) (Derecha). Colonia de *Cladosporium sp.*, en un medio de cultivo con una tonalidad verde marrón con presencia de exudado y pliegues radiales. En *Micología Médica Básica* (p. 75) por Bonifaz, A, 2012, México: McGraw Hill.

**4.2.5. Curvularia.** Género de hongo filamentoso comúnmente presente en suelo y vegetales, que difumina a través de esporas aéreas. En el hombre puede producir onicomicosis, micematomas subcutáneos y generar abscesos en diferentes órganos como hígado, cerebro, pulmón y tejido corneal (Palavecino y Cinquegrani, 2009).



Figura 18. Colonia de *Curvularia sp.*, algodonosa y de color grisácea oscura en un medio de cultivo. Tomado de *Curvularia dermatomycosis in a goat: Tamil Nadu, India* por Ponnusamy, P., Saravanan, M., Reetha, L.T., Ronald, B.S.M., Manickam, R., y Puvarajan, B., *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2018, Vol.6, p.1447.

Recuperado de

[https://www.researchgate.net/profile/SARAVANAN\\_MANI/publication/326016686\\_Curvularia\\_dermatomycesis\\_in\\_a\\_goat\\_Tamil\\_Nadu\\_India/links/5b33a64a4585150d23d6b298/Curvularia-dermatomycosis-in-a-goat-Tamil-Nadu-India.pdf](https://www.researchgate.net/profile/SARAVANAN_MANI/publication/326016686_Curvularia_dermatomycesis_in_a_goat_Tamil_Nadu_India/links/5b33a64a4585150d23d6b298/Curvularia-dermatomycosis-in-a-goat-Tamil-Nadu-India.pdf)

Macroscópicamente, se caracteriza por sus colonias algodonosas o vellosas de color gris oliva, marrón a negro (Santos et al., 2018). Al microscopio, presenta hifas dematiáceas, conidióforos rectos o ligeramente inclinados, solitarios o en grupo, septados, a veces geniculados y nodulosos. Los conidios son elipsoidales, curvados o en forma de media luna, redondeados en los extremos o ligeramente estrechos hacia la base, con 2, 3 o 4 distoseptos (central más oscuros o grueso que los demás, dependiendo de la especie) y con colores entre pardo pálido, marrón rojizo a oscuro (Freire et al., 1998; Cruz et al., 2013; Da Cunha et al., 2013).

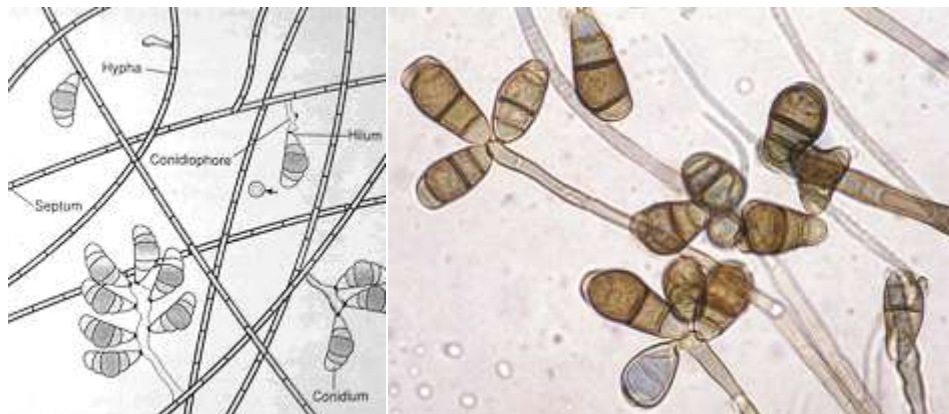


Figura 19 y Figura 20. (Izquierda). Estructura morfológica *Curvularia sp.* Tomada de Comentario sobre la encuesta No. 21 por Fundación Bioquímica Argentina, 2019. Recuperado de <https://www.fba.org.ar/panel->

gestion/InformeResultado/MI/mi21.htm. (Derecha). Vista de las estructuras (hifas, septos, conidios y conidióforos) de *Curvularia sp.*, al microscopio. Tomado de Mycology Online por The University of Adelaide, 2019. Recuperado de <https://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/hyphomycetes/curvularia/>

**4.2.6. Fusarium.** Distribuido mundialmente debido a sus mecanismos de adaptación en diferentes sustratos a través de la dispersión eficiente de sus esporas, es común encontrarlo en suelos y asociado a las raíces de las plantas (Okunbowa y Shittu, 2012).

Morfológicamente se caracteriza porque las fiálides tienen macroconidios con formas de medialuna, hialinos y septados, mientras que los microconidios poseen variadas formas (fusiformes, ovales, clavadas, entre otras), agrupaciones (estructuras mucoides llamadas “falsas cabezas”), en cadenas largas o cortas vistas en un objetivo de 40x (Tapia y Amaro, 2014). Pueden presentar también mesoconidios, que son similares, pero de menor tamaño que los macroconidios y nunca forman estructuras mucoides (Tapia y Amaro, 2014). Por último, pueden observarse las clamidosporas características con doble pared gruesa, lisa o rugosa; de manera aislada, en pareja o en grupo (Tapia y Amaro, 2014).

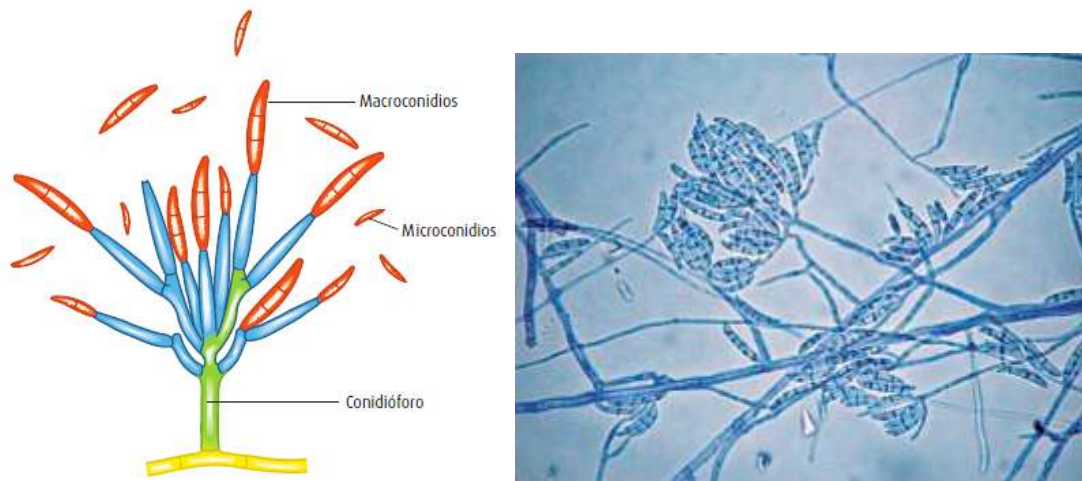


Figura 21 y Figura 22. (Izquierda). Estructura morfológica de *Fusarium sp.* (Derecha) y vissta de las estructuras de *Fusarium sp.*, al microscopio con tinción de azul de algodón a 40x. En Micología Médica Básica (p. 71) por Bonifaz, A, 2012, México: McGraw Hill.

Macroscópicamente, la colonia puede verse algodonosa y tener un color blanco, crema, salmón, canela, amarillo, rojo, violeta, rosado o púrpura, mientras que al revés del agar puede tomar coloraciones marrón, rojo, púrpura oscuro o incoloro (Okunbowa y Shittu, 2012).

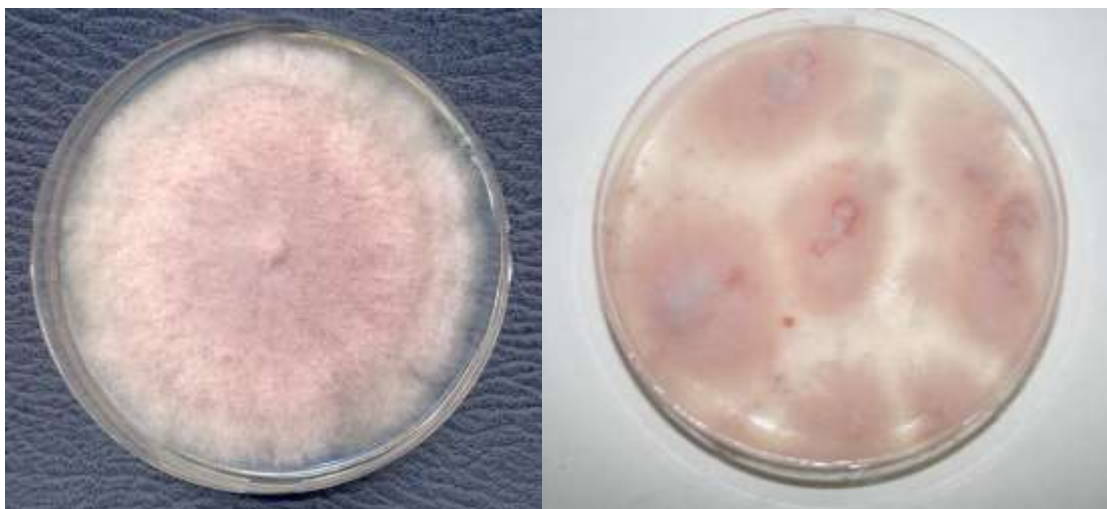


Figura 23 y Figura 24. (Izquierda). Colonia de *Fusarium sp.*, algodonosa de coloración naranja rojizo. Tomado de *Fusarium moniliforme* por Covadonga. Recuperado de <http://bioimagen.bioucm.es/foto/3819> (Derecha). Colonia de *Fusarium sp.*, en un medio de cultivo PDA con aspecto algodonoso y una tonalidad naranja ligeramente lila. Tomado de La fusariosis en el cannabis por Salami Massimiliano. Recuperado de <https://elcultivador.com/la-fusariosis-en-el-cannabis/>

### 4.3. ALERGENOS FÚNGICOS

Los hongos son organismos que presentan una distribución cosmopolita y son capaces de colonizar diferentes sustratos debido a su metabolismo heterótrofo que les permite ser saprófitos, parásitos o simbióticos (Willey et al., 2004). Otra característica importante es la forma como se reproducen puesto que de acuerdo a las condiciones medio ambientales en las que se encuentren cambian su estrategia de propagación entre sexual o asexual (Zhang et al., 2016), mientras que el primero existe para asegurar la variabilidad genética entre especies al ocurrir una mezcla de ADN entre dos parentales de diferente sexo; la segunda permite una difusión rápida en el ambiente para el mantenimiento de la especie, en este caso se producen organismos idénticos al progenitor (Bonifaz, 2012).

Considerando la última estrategia y la forma como sucede, diariamente una persona puede inhalar una mezcla de fragmentos de diferentes estructuras fúngicas entre hifas, esporas (conidios) y levaduras (Rick et al., 2016). La exposición por vía respiratoria constituye el primer paso para el desarrollo de un proceso de sensibilización al ocurrir una respuesta inmunológica tipo I (Lin et al., 2016; Rick et al., 2016) y, conllevar posteriormente, a la manifestación de síntomas o la enfermedad alérgica como rinitis, rinosinusitis, asma y dermatitis atópica (Burge, 2010); se estima que la prevalencia de la sensibilización es de al menos un 3% a 10% entre la población (Rick et al., 2016) y suele asociarse a géneros como *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Zuliewicz-Sobczak, 2013). Es importante aclarar en este punto que, la exposición fúngica por diferentes vías (oral o inhalada) y la asociación de esta a un proceso de sensibilización en un individuo depende de diversos factores, no siempre claros o fáciles de comprobar, por lo tanto, las investigaciones

sobre aspectos desconocidos sobre el tema continúan (Fukutomi y Taniguchi, 2015; Lin et al., 2016).

En el caso de la ingestión o inhalación de esporas está documentado que el alérgeno al interior de esta estructura sólo es liberado después de un proceso de germinación, acción que sólo sucede bajo la premisa que la espora debe estar viva (Burge, 2010). Mientras, las células vegetativas o hifas son estructuras de un tamaño entre 7 a 100 µm (Samir et al., 2014), su gran tamaño constituye un factor importante que determina: a) el comportamiento aerodinámico que estas partículas presentan en el aire (Yamamoto et al., 2012), b) las posibles asociaciones con otros materiales suspendidos en el aire y c) la capacidad de sobrevivir a la inmunidad del huésped (Hernández-Chávez et al., 2017). Samir et al., 2014, hace una referencia sobre los conteos de estas estructuras, las cuales, superan la cantidad presente de conidios en el ambiente, por lo que su capacidad como alérgenos puede haber sido subestimada como fuentes principales para desencadenar una reacción alérgica.

Cuadro 2. *Listado de alérgenos fúngicos más comunes reportados en la literatura científica*

<i>Listado de proteínas y enzimas fúngicas alergénicas</i>
Enolasas
NADP (Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato)
Proteasas séricas
Ciclofilinas
Tiorredoxinas
Proteínas ribosomales y proteínas peroximales
Glucosidasa
Superóxido Dismutasa de Manganeso (Mn-SOD)
Glutación-S-transferasa
Celulosa
Invertasa

Nota: Listado general de proteínas y enzimas alergénicas recopilado de diferentes fuentes bibliográficas. Adaptado de Fungal Allergens. *The Environmental Reporter*, por Burge, 2010. Recuperado de <https://www.emlab.com/resources/education/environmental-reporter/fungal-allergens/>. Adaptado de IgE sensitization to fungi mirrors fungal phylogenetic systematics, por Soeria-Atmadja, et al., 2010, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125, (p. 1379). Adaptado de Mold allergens in respiratory allergy: from structure to therapy, por Twaroch et al., 2015, *Allergy Asthma Immunology Research*, 7, (p.209).

Estudios sobre las enfermedades alérgicas relacionadas con la exposición a estos microorganismos reportan 80 especies de hongos como fuente de alérgenos que provocan reacciones inmunomediadas por la inmunoglobulina E (IgE) (Simon-Nobbe et al., 2008), estos alérgenos generalmente suelen ser proteínas, glucoproteínas y enzimas que hacen parte del microorganismo o que este produce (Cuadro 2) (Zuliewicz-Sobczak, 2013). Usualmente un individuo puede entrar en contacto con una combinación de alérgenos fúngicos presentes en el ambiente que, desencadenan síntomas variables de alergia, en algunos casos, estos síntomas pueden generarse con la exposición de especies de hongos diferentes; este fenómeno es conocido como reactividad alérgica cruzada (Cramer et al., 2009; Burge, 2010; Soeria-Atmadja, et al., 2010; Martínez et al., 2019), ya que existe una similitud entre los epítomos fúngicos que el sistema inmune erróneamente reconoce como el mismo agente (Goldsby et al., 2007).

La reactividad cruzada por definición es una reacción entre un epítomo de un antígeno y un anticuerpo previamente estimulado por un antígeno diferente, el cual, reconoce como igual o como similar (Goldsby et al., 2007); algunos hallazgos sugieren que con los alérgenos fúngicos se requiere, no sólo estructuras similares en aspectos tridimensionales, arquitectónicos o fisicoquímicos, también la existencia de un potencial de enlace de hidrógeno y patrones de hidrofobicidad que provoquen este tipo de respuestas inmunitarias cruzadas (Cramer et al., 2009). Además, Soeria-Atmadja, et al., 2010, encontró asociaciones o clústers entre hongos, los cuales, inducen una polisensibilización en el individuo debido a la exposición del individuo a combinación de alérgenos fúngicos no necesariamente de una misma especie (Ver Cuadro 3).

*Cuadro 3.* Asociaciones de hongos que generan una reacción inmunológica cruzada mediada por IgE

<b>Asociación 1</b>	<b>Asociación 2</b>	<b>Asociación 3</b>	<b>Asociación 4</b>
<i>Fusarium proliferatum</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Candida albicans</i> <i>Saccharomyces</i>	<i>Setomelanomma</i> <i>rostrata</i> <i>Phoma betae</i> <i>Epicoccum</i> <i>purpurascens</i> <i>Stemphylium herbarum</i> <i>Curvularia lunata</i> <i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor racemosus</i> <i>Rhizopus nigricans</i>

Nota: Resultados basados en mediciones de IgE en 17 especies de hongos relacionados con procesos alérgicos en humanos. Tomado de “Fungal allergens”, de Burge, H., 2010. *The environmental reporter*. Recuperado de <https://www.emlab.com/resources/education/environmental-reporter/fungal-allergens/>

Los mecanismos inmunológicos detrás de la sensibilización del individuo y de reactividad cruzada están enmarcados dentro de lo que conceptualmente se conoce como reacción hipersensibilidad tipo I o inmediata. En forma general, el mecanismo de sensibilización involucra el contacto entre el alérgeno con una célula presentadora de antígenos (CPA), la cual, estimulará una célula T CD4+ para secretar citoquinas Th2 (IL-4, IL-5, IL-6, IL-10, IL-13 y IL-33) (García-Vidal y Lletí, 2014; Pazmiño y Navarrete-Jiménez, 2014), y así producir la activación, proliferación y diferenciación de linfocitos B secretores de inmunoglobulina E (IgE) alérgeno-específica. Esta inmunoglobulina se fijará a receptores de mastocitos y basófilos en diferentes lugares del cuerpo, en espera de una segunda exposición que provoque así la degranulación y liberación de mediadores de inflamación en órganos con un mayor número de estas células (Rivas y Chatila, 2016).

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1. UBICACION

El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD) de la ciudad de Bucaramanga, CEAD Bucaramanga, ubicada en la Carrera 27 No. 40 – 43 (Figura 25). El edificio se encuentra ubicado frente a la Carrera 27, una vía principal y altamente transitada, y en medio de un bloque de manzanas con construcciones residenciales y de actividad comercial.

La edificación del CEAD cuenta con 4 pisos, distribuidos así: primer piso (recepción, oficina de registro y control, cafetería, archivos, zona de disposición de residuos), segundo piso (biblioteca y sala de cómputo), tercer piso (oficinas administrativas, emisora y salas de cómputo), cuarto piso (laboratorios multipropósito y oficina del ECBTI) y un sótano donde se encuentra ubicado el Auditorio Guane, la sala CISCO y el laboratorio de morfo fisiología.



Figura 25. Ubicación espacial del CEAD Bucaramanga. Tomado de Google Earth, 2019.

### 5.2. TIPO DE PROYECTO

El presente trabajo corresponde a un estudio de tipo descriptivo realizado en las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la UNAD, cuya muestra fueron sólo 7 puntos en diferentes áreas dentro del edificio. En este trabajo sólo se realiza la identificación y descripción



(microscópica y macroscópica) de los hongos que se logren cultivar en el agar seleccionado por punto de muestreo.

### **5.3.MATERIALES Y MÉTODOS**

**5.3.1. Revisión de literatura.** Durante esta etapa se realizó la revisión de material bibliográfico como artículos científicos, algunas publicaciones de internet y libros de textos sobre diferentes temas relacionados con muestreo del aire en ambientes de interiores (técnicas, frecuencias, selección de puntos de muestreo), agentes fúngicos más comunes y sus características micro y macroscópicas, claves de identificación de géneros de hongos, normatividad ambiental relacionada y resultados generales de estudios similares tanto locales, nacionales e internacionales.

**5.3.2. Selección de puntos de muestreo.** Después de un proceso de observación, se seleccionaron 7 puntos de muestreo dentro de las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, teniendo en consideración que estos espacios reciben un mayor flujo de personas o cuentan con un número importante de trabajadores al día, además, presentan puntos donde es posible colocar las cajas de muestreo con un menor riesgo a presentar accidentes; sin embargo, por ciertas circunstancias de manejo, la última semana se cambió un punto de muestreo en la primera planta. A continuación se presentan:



Figura 26. Biblioteca del segundo piso designado como Punto 1.



Figura 27. Oficina de la ECBTI en el cuarto piso designada como Punto 2.



Figura 28. Pared lateral con un saliente de la cafetería/zona de descanso del personal en el primer piso designado como Punto 3.



Figura 29. Cajas de Petri sobre el mesón del laboratorio de microbiología del cuarto piso designado como Punto 4.



Figura 30. Interior del Auditorio Guane designado como el Punto 5.



Figura 31 y Figura 32. Zona de recepción del primer piso donde se colocaron las cajas de Petri (Izquierda) y, oficina de registro y control en el primer piso ambas áreas designadas como Puntos 6 y 8, respectivamente (Derecha).



Figura 33. Oficina de ECAPMA en el tercer piso designada como Punto 7.

**5.3.3. Preparación del material de muestreo.** El agar empleado fue Agar Sabouraud al 4% del laboratorio Merck. La preparación del medio de cultivo se realizó según las

indicaciones del laboratorio. La cantidad de cajas Petri con medio se prepararon semanalmente, se envolvieron en papel vinipel y una vez alcanzada la temperatura ambiente (Figura 34), se conservaron en una nevera del laboratorio a una temperatura de 4°C.



Figura 34. Cajas de Petri con agar Sabouraud al 4%.

**5.3.4. Técnica de muestreo y toma de muestras.** El método empleado para el monitoreo de la calidad de aire fue el pasivo o gravimétrico de sedimentación de cajas de Petri, el cual permite llevar a los microorganismos presentes en el aire a la superficie del medio sólido para su cultivo (Pérez y Sánchez, 2010). La recolección de las muestras se realizó por tres semanas desde el 20 de Noviembre hasta el 7 de Diciembre del año 2018, en dos horarios de 10 am y 4 pm, los días martes y jueves, mientras que el sábado sólo se efectuó un solo muestreo a las 10 am. La elección de los horarios se basó también en el flujo de personas a esas horas del día, según observaciones realizadas semanas anteriores. En cada punto, se colocaron 2 cajas de Agar de Sabouraud al 4% con una exposición de 40 minutos (Tolozá y Lizarazo, 2013; Mantilla, 2016), las cuales, fueron dispuestas en lugares elevados del suelo evitando factores externos que pudieran afectar el muestreo o propio agar. Una vez finalizado el tiempo, cada caja de recogió, se selló en los laterales utilizando cinta de enmascarar, se rotuló con el punto de muestreo, número de caja, horario (tarde o mañana) y día de recolección. Posteriormente, las cajas fueron dejadas en un espacio oscuro, cerrado sin corrientes de aire para incubación con un rango de temperatura de  $27\pm 3^{\circ}\text{C}$  entre 5 a 7 días en el laboratorio de microbiología del cuarto piso.

**5.3.5. Evaluación de las muestras.** Cumplido el tiempo de incubación de 5 a 7 días, cada grupo de muestras por día fue revisado, fotografiado y evaluado tanto macroscópica

como microscópicamente, teniendo en cuenta las características de pigmentación, presencia de hifas aéreas, zonación o plegamientos, tamaño y textura del cultivo a nivel macroscópico (Méndez-Puentes et al., 2015). Para la descripción morfológica microscópica con el fin de determinar el género del morfotipo aislado, se empleó la técnica de la impronta con cinta transparente y como colorante el azul de lactofenol con la mayoría de las muestras, en algunos casos, se empleó el azul de metileno en la preparación en fresco, debido a la dificultad para observar las estructuras de algunas muestras al microscopio (Méndez-Puentes et al., 2015). La técnica consiste en recortar un trozo de cinta adhesiva de un tamaño aproximado de 1 cm<sup>2</sup>, tomarla con una pinza y presionar con firmeza el lado con el adhesivo sobre la superficie de la colonia; en la lámina portaobjetos, se aplica una gota de azul de lactofenol y se procede a pegar la cinta con la muestra. Para el análisis de las muestras se empleó un microscopio binocular Motic de la serie B1.

#### **5.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

En el presente estudio, se obtuvo un número total de muestras evaluadas que permitió el cálculo del porcentaje de frecuencia para cada género identificado por punto de muestreo en el tiempo y lugares previamente establecidos, según la siguiente relación (Cifuentes y Espinosa, 2008):

$$\begin{aligned} & \textit{Porcentaje de frecuencia (\%)} \\ & = \frac{\textit{Número de muestras por género identificado}}{\textit{Número total de muestras}} * 100 \end{aligned}$$

Los resultados se presentaron en gráficas de barra utilizando el programa Microsoft Excel. Además, se realizó una descripción de los géneros identificados de forma micro y macroscópica, así como se estableció si presentaban potencial patógeno para el hombre teniendo en cuenta estudios relacionados con el tema, ya que no se llevó a cabo una cuantificación de las esporas presentes en los espacios intramurales evaluados.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1.IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS Y MACROSCÓPICAS DE LOS HONGOS HALLADOS

La identificación de los organismos fúngicos se realizó teniendo en cuenta la literatura existente para los géneros aislados más comúnmente en el aire de ambientes de interiores (Loustau-Gómez De Membrillo, 1950; Carrillo, 2003; Leslie y Summerell, 2006; Bensch et al., 2012) y las claves taxonómicas de Barnett y Hunter, 1998. La descripción de los hallazgos de cada género y/o familia se consolidaron en el siguiente cuadro considerando las características microscópicas y macroscópicas, de cada hongo filamentoso, que permitieron su identificación (Ver Cuadro 3).

Cuadro 4. Descripción microscópica y macroscópica del género *Aspergillus* sp.

<b>Información general (taxonomía)</b>
Reino: Fungi Phylum: Ascomycota Clase: Eurotiomycetes Orden: Eurotiales Familia: Aspergillaceae Género: <i>Aspergillus</i>
<b>Descripción microscópica</b>
Se observó la presencia de hifas hialinas tabicadas, en algunas muestras hifas sin septos, con presencia de múltiples conidióforos, que su mayoría, presentaban vesículas redondas y semiredondas compuestas por una o dos series de fiálides de las cuales se desprendían microconidios redondos de tamaño variable entre 4 a 8 $\mu\text{m}$ .

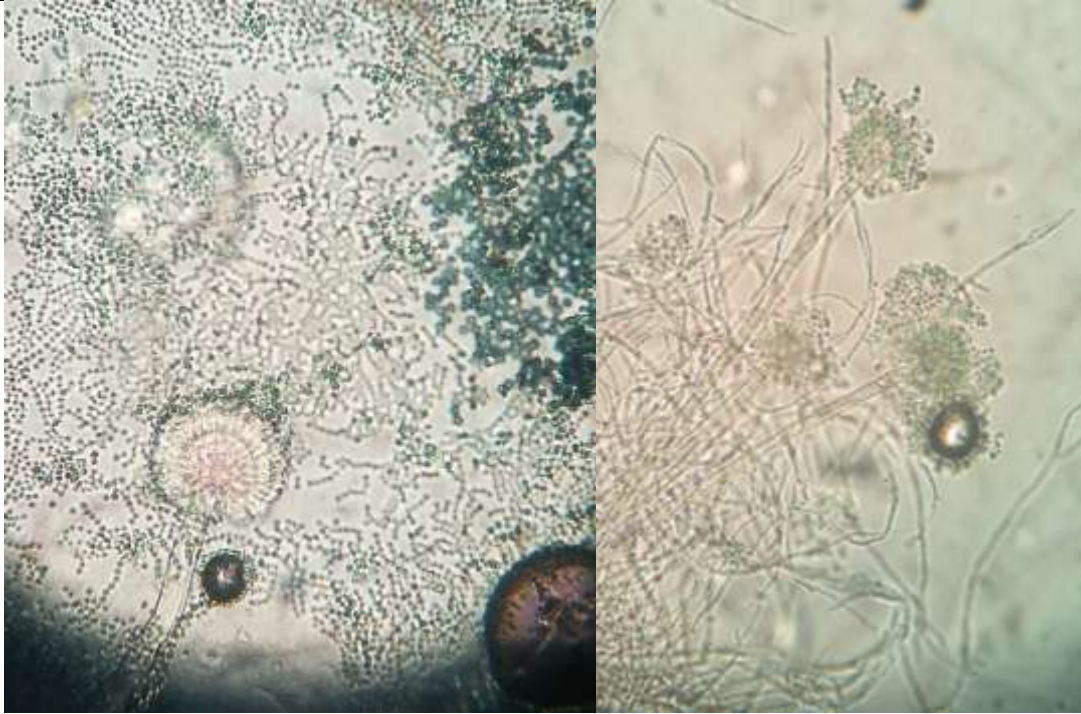


Figura 35 y Figura 36. Vista de los conidióforos redondeados con una o dos filas de fiálides compuestas por microconidios de tonalidades oscuras (Izquierda) y verde claro (Derecha).

### Descripción macroscópica


Las colonias cultivadas presentaron 3 colores definidos: verdes, amarillas y negras, con variaciones ligeras de las tonalidades verdes. Se observaron colonias pulverulentas y aterciopeladas, algunas con visualización de un halo micelial blanco, mientras que en el reverso del agar no presentó algún tipo de pigmentación. Por lo general estas muestras mostraron un crecimiento rápido (primeros 5 días) y crecían por todo el recipiente de forma ilimitada, abarcando y cubriendo otras colonias.

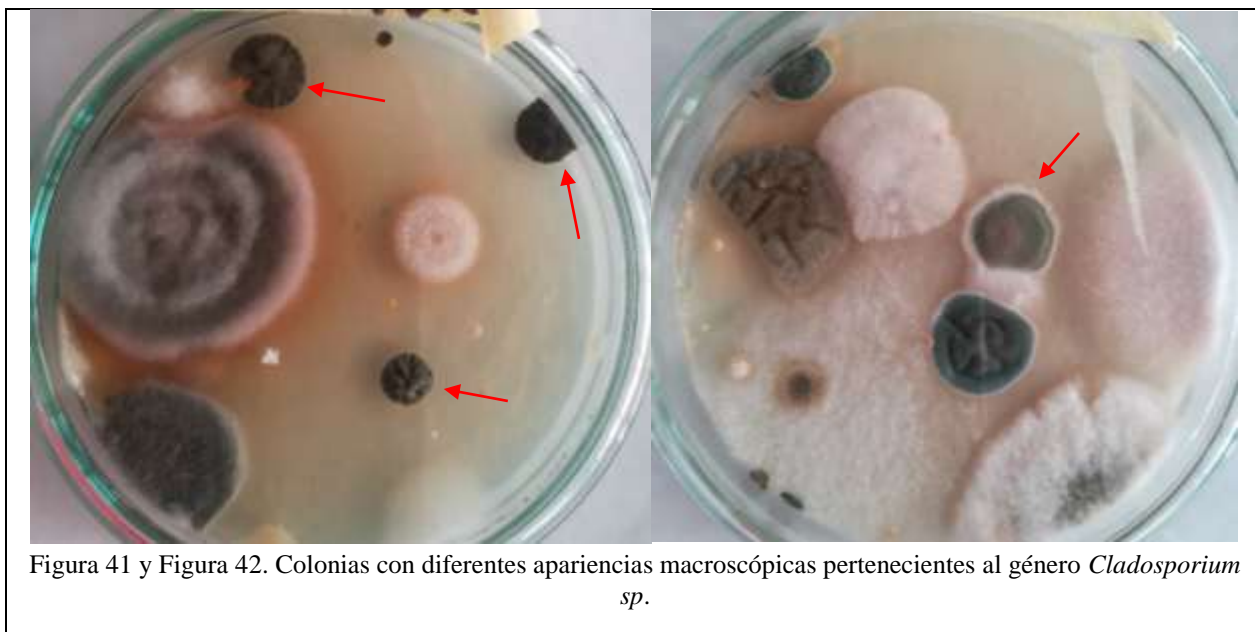




Figura 37 y Figura 38. Colonias de hongos filamentosos vistos en el anverso de una primera caja (izquierda) y reverso (derecha), en esta segunda caja se visualiza que la colonia de *Aspergillus sp.*, no presenta pigmento en el reverso.

Cuadro 5. Descripción microscópica y macroscópica del género *Cladosporium sp.*

<b>Información general (taxonomía)</b>
<p style="text-align: center;">Reino: Fungi Phylum: Ascomycota Clase: Hypomycetes Orden: Moniliales Familia: Dematiaceae Género: Cladosporium</p>
<b>Descripción microscópica</b>
<p>Se observaron hifas pigmentadas septadas de coloración verde o marrón amarillento con presencia de conidióforos largos y verticales que pueden estar ramificados o no. Los conidios presentan bordes redondeados con forma ovalada y suelen verse formando cadenas acrópetas cortas o largas en sucesión.</p>
 <p>The image consists of two side-by-side microscopic views of Cladosporium sp. hyphae. The left panel shows a dense network of greenish-brown, septate hyphae with numerous small, dark, oval-shaped conidia attached to the hyphae. The right panel shows a similar view but with more prominent, long, vertical conidiophores that branch out, bearing chains of conidia. The background is a light, slightly pinkish-tan color, likely from the slide or mounting medium.</p>
<p>Figura 39 y Figura 40. Vista microscópica de los hifas septadas, conidióforos y conidios en cadena característicos del género <i>Cladosporium sp.</i></p>
<b>Descripción macroscópica</b>
<p>Las colonias tienen una coloración verde oliva, marrones e incluso ligeramente verde grisáceas, con apariencia aterciopelada o pulverulentas y con la presencia de pliegues radiales.</p>



Cuadro 6. Descripción microscópica y macroscópica del género *Curvularia* sp.

<b>Información general (taxonomía)</b>	
Reino: Fungi Phylum: Ascomycota Clase: Eufungi Orden: Pleosporales Familia: Pleosporaceae Género: <i>Curvularia</i>	
<b>Descripción microscópica</b>	
Presenta hifas septadas pigmentadas con conidióforos ligeramente inclinados, solitarios y nodulosos. La forma de los conidios encontrados fue elipsoidal, ligeramente curvados o en forma de media luna, pero en general, tienen extremos redondos y tienden estrecharse en la base. La mayoría presentaron entre 3 a 4 distoseptos con tonalidades pardo y marrón claro a oscuro.	

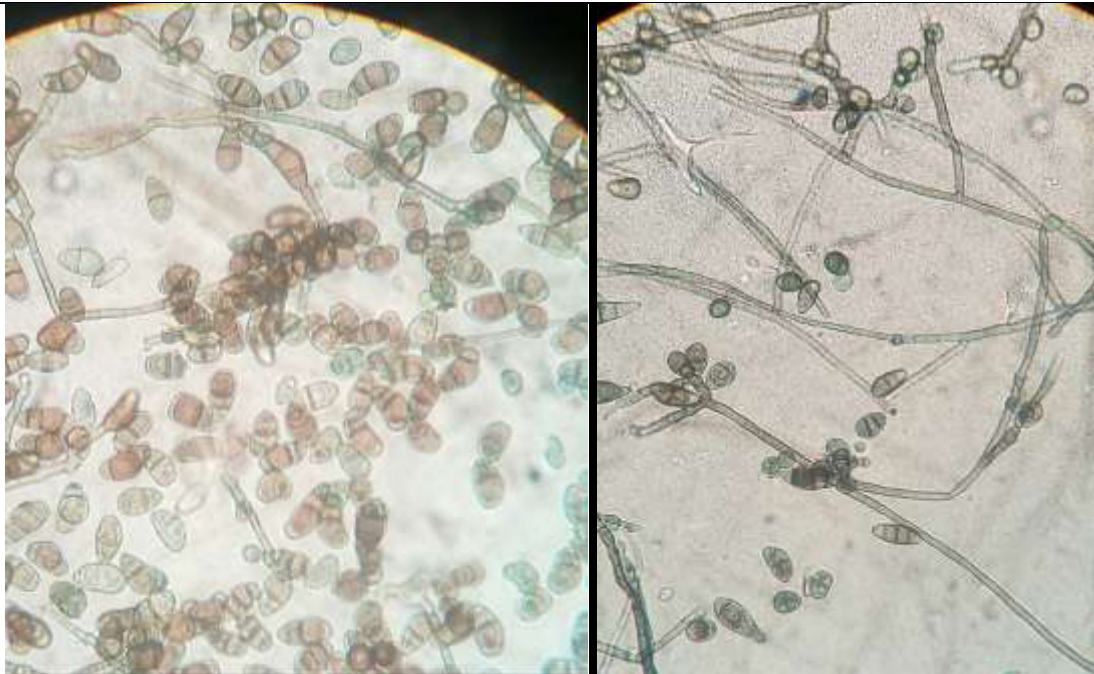


Figura 43 y Figura 44. Características morfológicas del género *Curvularia sp.*, en las muestras examinadas con ligeras variaciones en la tonalidad y forma de los conidios: media luna (izquierda) y elipsoidales (derecha).

### Descripción macroscópica

Se observaron colonias de colores gris oliva (Figura 45), marrones en dos tonalidades y negras (Figura 46), las cuales, presentaban una apariencia algodonosa, con estrías, de tamaño variable y con una pigmentación oscura al reverso del agar como se observa en la Figura 47.



Figura 45 y Figura 46. Colonias de *Curvularia sp.*, al anverso del agar con diferentes tonalidades: gris oliva (Izquierda) y negra (Derecha).



Figura 47. Reverso del agar donde se observa la coloración oscura y las estrías que dividen la colonia de *Curvularia sp.*

Cuadro 7. Descripción microscópica y macroscópica del género *Rhizopus sp.*

<b>Información general (taxonomía)</b>
<p>Reino: Fungi  Phylum: Zygomycota  Clase: Zygomycetes  Orden: Mucorales  Familia: Mucoraceae  Género: <i>Rhizopus</i></p>
<b>Descripción microscópica</b>
<p>A la observación microscópica presenta hifas anchas no septadas, algunas hialinas, otras con tonalidades pardas o verde oliva, que terminan en un extremo en forma de saco llamados esporangios, los cuales, presentan una coloración marrón oscuro a negro y contienen esporangiosporas, en su mayoría, de forma redonda (Figura 48). Se observaron abundantes rizoides de color pardo claro en el extremo opuesto de los esporangios.</p>



Figura 48. Esporangios de tonalidades marrón oscuro con forma redonda y en la base se observan algunos rizoides.


### Descripción macroscópica

Las colonias que tienden a ocupar toda la superficie del agar en pocos días, presenta un abundante micelio aéreo de apariencia algodonosa que suele ser blanco y luego cambia a una tonalidad grisácea. En algunas muestras, el color alcanzó una ligera coloración negruzca. Al reverso de la caja, normalmente no presentaba ninguna coloración.



Figura 49 y Figura 50. Vista macroscópica de la colonia de *Rhizopus sp.* (Izquierda) y vista del anverso de la misma caja (Derecha).

Cuadro 8. Descripción microscópica y macroscópica del género *Fusarium* sp.

<b>Información general (taxonomía)</b>
Reino: Fungi Phylum: Ascomycota Clase: Sordariomycetes Orden: Hypocreales Familia: Hypocreaceae Género: <i>Fusarium</i>
<b>Descripción microscópica</b>
Se identificaron macroconidios ligeramente cortos, alargados, algo curvados, con un promedio de 2 a 5 septos en estructuras compatibles con esporodocias y sólo algunos en polifialides. En algunos cultivos se lograron identificar clamidosporas, estructuras grandes, hialinas con una forma redondeada, algunas individuales o en parejas.

Figura 51 y Figura 52. Presencia de macroconidias hialinas con tinción de azul de lactofenol (Izquierda), y macroconidias con bordes ligeramente azulados con tinción de azul de metileno (Derecha).
<b>Descripción macroscópica</b>

La mayoría de colonias tienen una apariencia algodonosa, sin estrías y una coloración blancuzca naranja o rosada, pero si el cultivo es más viejo presenta un ligero color lila en el centro mientras que los bordes son, generalmente, blancos. Al reverso de la caja puede presentar una pigmentación oscura.



Figura 53. Colonia de *Fusarium sp.*, vista del anverso de la caja, de apariencia algodonosa y una tonalidad rosada-naranja pálido.

Cuadro 9. Descripción microscópica y macroscópica del género *Penicillium sp.*

<b>Información general (taxonomía)</b>
Reino: Fungi Phylum: Ascomycota Clase: Eufungi Orden: Hypocreales Familia: Hypocreaceae Género: <i>Penicillium</i>
<b>Descripción microscópica</b>
Se observaron hifas hialinas septadas con conidióforos en forma de pincel ramificados en dos (biverticilado) o tres verticilos (terverticilado), con 3 a 4 fiálides más cortas que las métulas, donde se originaban microconidios individuales o a veces formando una cadena.

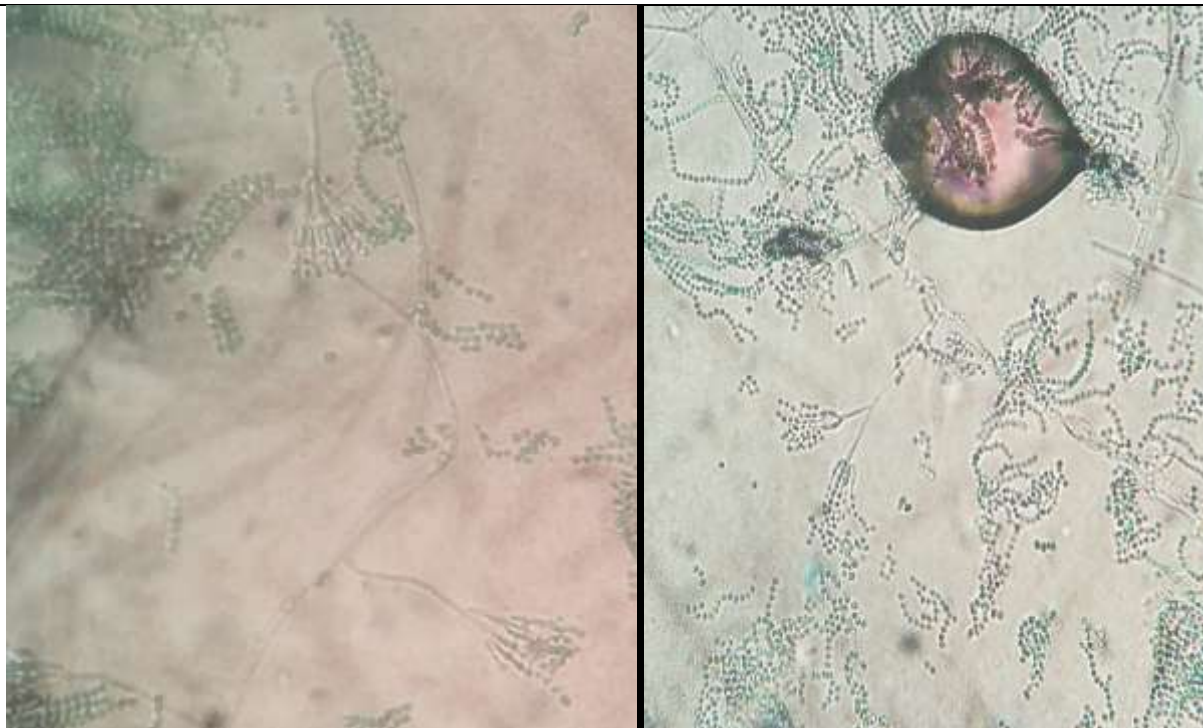


Figura 54 y Figura 55. Estructuras características del género *Penicillium sp.*, donde se observan conidióforos ramificados en dos a tres verticilos.

### Descripción macroscópica

Las colonias son redondas, presentan una apariencia filamentosa, algodonosa o polvorosa con una coloración entre verde oliva, azulada o ligeramente amarillenta con bordes blancos y presencia de gotas de exudado.



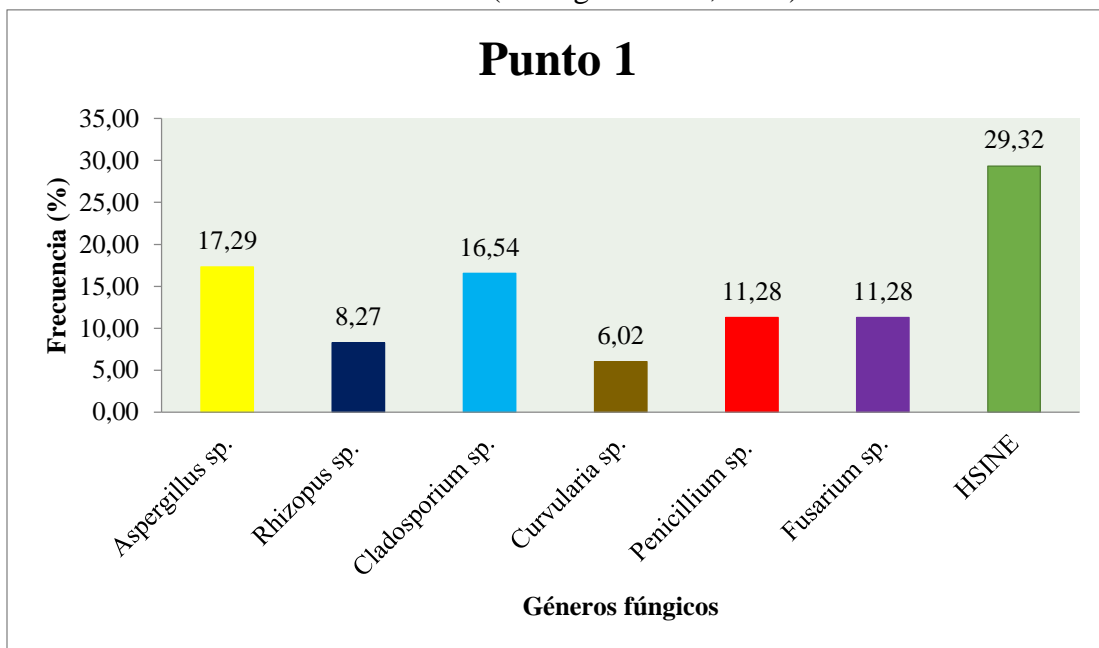
Figura 56 y Figura 57. Colonia verde oliva de apariencia polvorosa y de forma redondeada con estrías (Izquierda). Colonias verde azuladas con borde blanco con estrías circulares y de apariencia polvorosa (Derecha).



## 6.2.PORCENTAJE DE FRECUENCIA POR GÉNERO FÚNGICO IDENTIFICADO

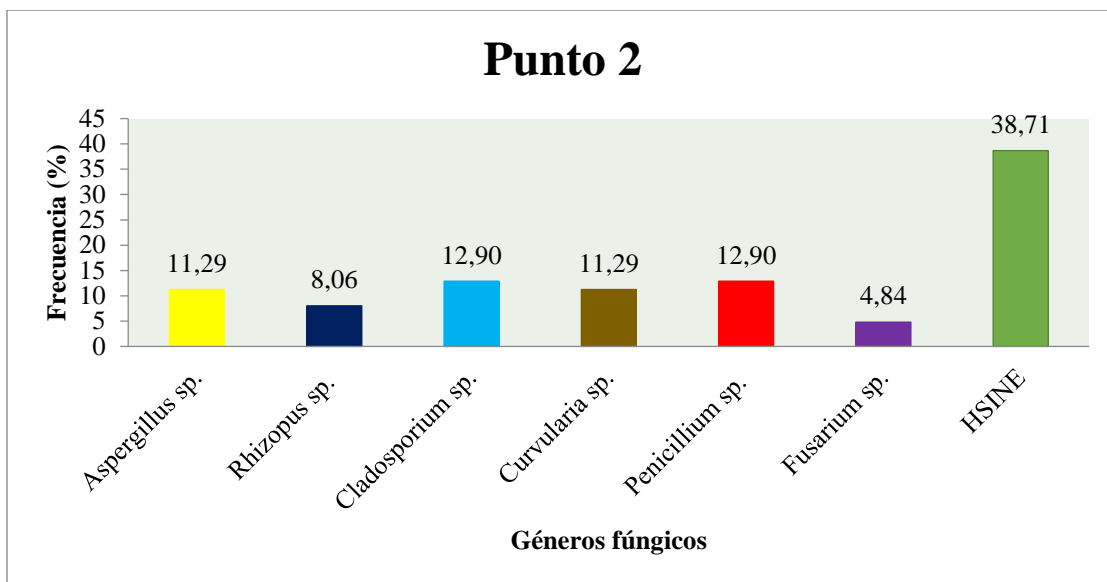
La cuantificación de la concentración de hongos y su identificación taxonómica son aspectos importantes a considerar con el fin de realizar un diagnóstico microbiológico de la calidad del aire en áreas de interiores de edificios y construcciones, sin embargo, para este estudio inicial sólo se consideró la identificación taxonómica hasta el nivel de género y el cálculo del porcentaje de la frecuencia por género identificado según el número de muestras evaluadas, con el fin de establecer el género más predominante del total aislado dentro de las instalaciones de la universidad.

Se observó a nivel general que las instalaciones del CEAD Bucaramanga cuentan con una pequeña diversidad de hongos, encontrándose 6 géneros en total, comprendidos entre ascomicetos y zigomicetos, los cuales, son agentes considerados alérgenos en diversos estudios realizados a través del mundo (Borrego-Alonso, 2012).



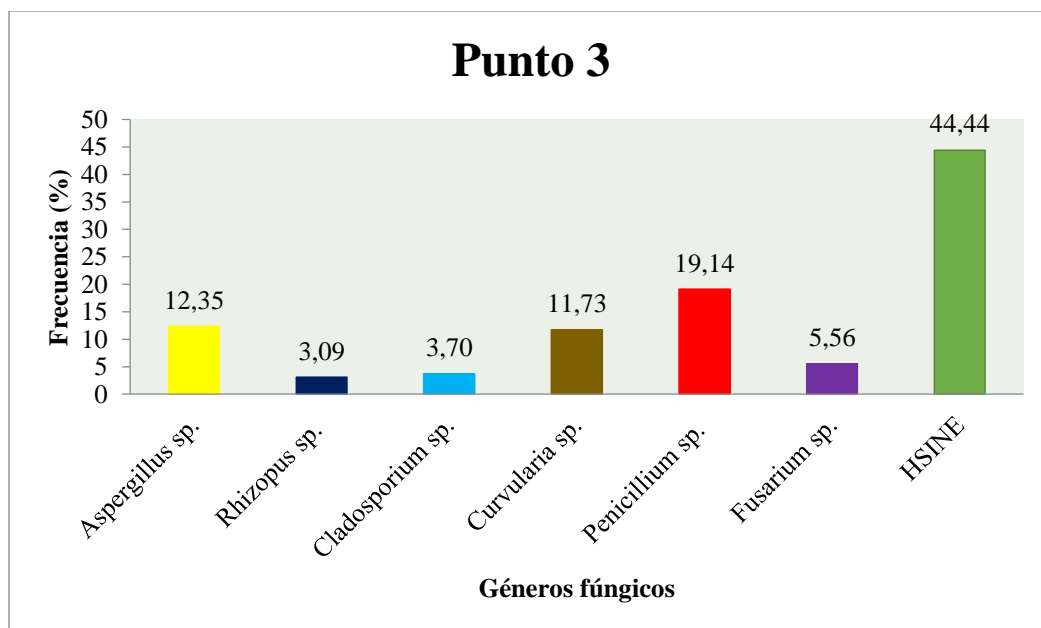
Gráfica 1. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentososo para el Punto 1.

Para el punto 1, el cual, se encuentra ubicado en la biblioteca del segundo piso, los dos géneros de hongos predominantes fueron *Aspergillus sp.*, con un 17.29% y *Cladosporium sp.*, con un 16.54% del total de las muestras examinadas; en una menor cantidad se encontró: *Penicillium sp.* (11.28%), *Fusarium sp.* (11.28%), *Rhizopus sp.* (8.27%) y *Curvularia sp.* (6.02%). Sólo el 29.32% de las muestras fueron hongos sin identificar que no esporulados (HSINE) y por lo tanto, no fue posible determinar el género.



Gráfica 2. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentosos para el Punto 2.

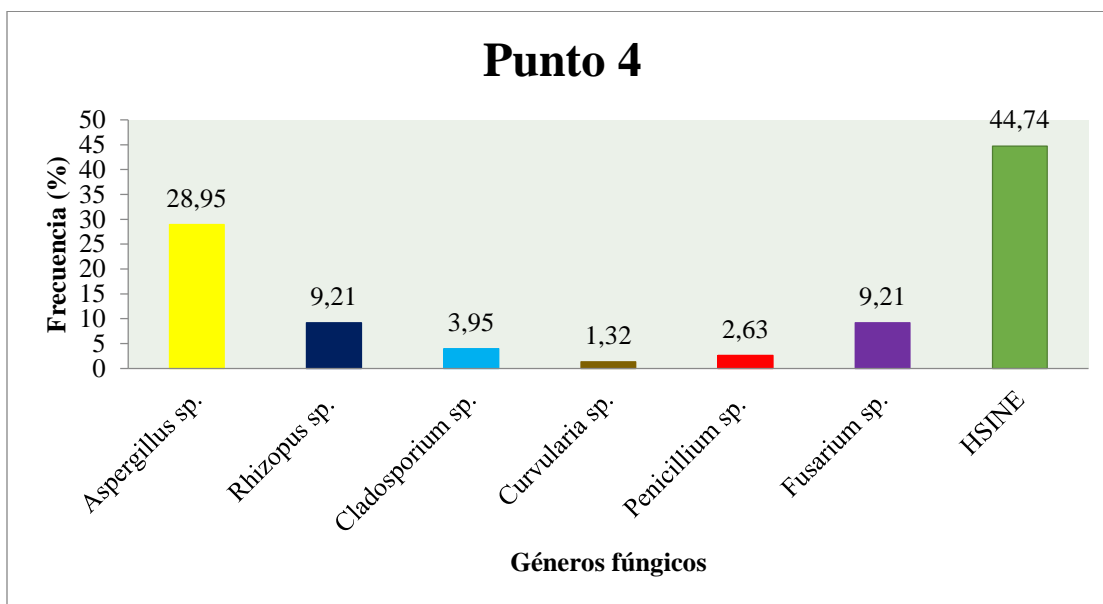
Para el punto 2, ubicado en la oficina ECBTI del cuarto piso, los géneros predominantes fueron *Cladosporium sp.*, y *Penicillium sp.*, con un 12.90% para ambos géneros del total de las muestras examinadas, en una menor cantidad se encontró: *Aspergillus sp.* (11.29%), *Curvularia sp.* (11.29%), *Rhizopus sp.* (8.06%) y *Fusarium sp.* (4.84%). El 38.71% de las muestras restantes fueron hongos sin identificar no esporulados (HSINE).



Gráfica 3. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentosos para el Punto 3.

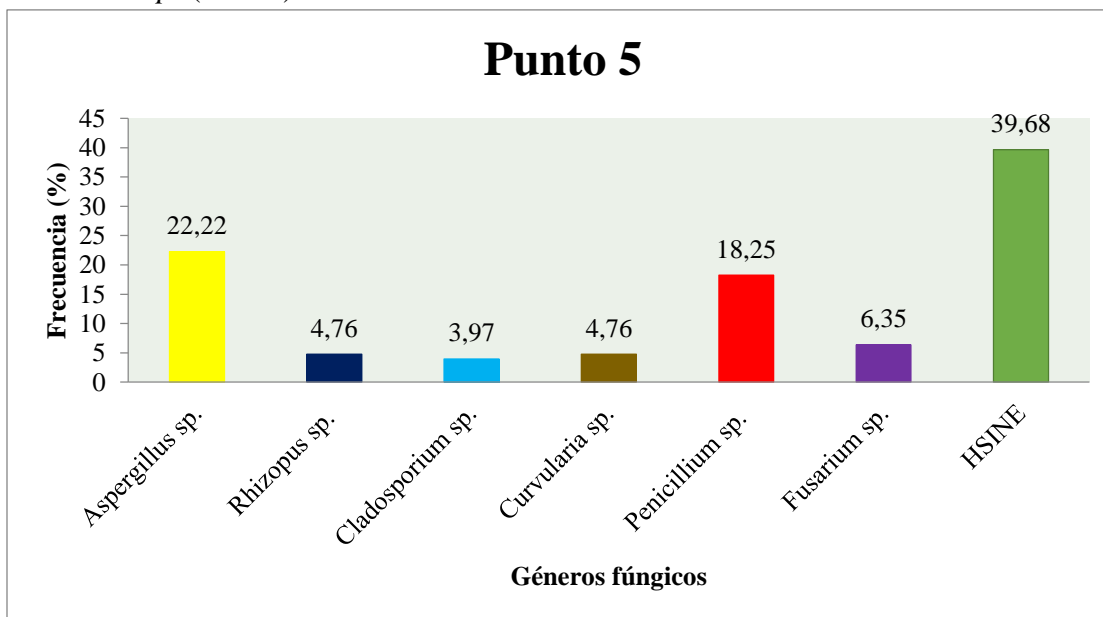
En el punto 3, correspondiente a la zona de la cafetería del primer piso, se encontró que el género predominante es el *Penicillium sp.*, con un 19.14% del total de muestras examinadas,

y con un menor porcentaje está el *Aspergillus sp.*, (12.35%), *Curvularia sp.*, (11.73%), *Fusarium sp.*, (5.56%), *Cladosporium sp.* (3.70%) y *Rhizopus sp.*, (3.09%). Los HSINE alcanzaron un valor de 44.44%.



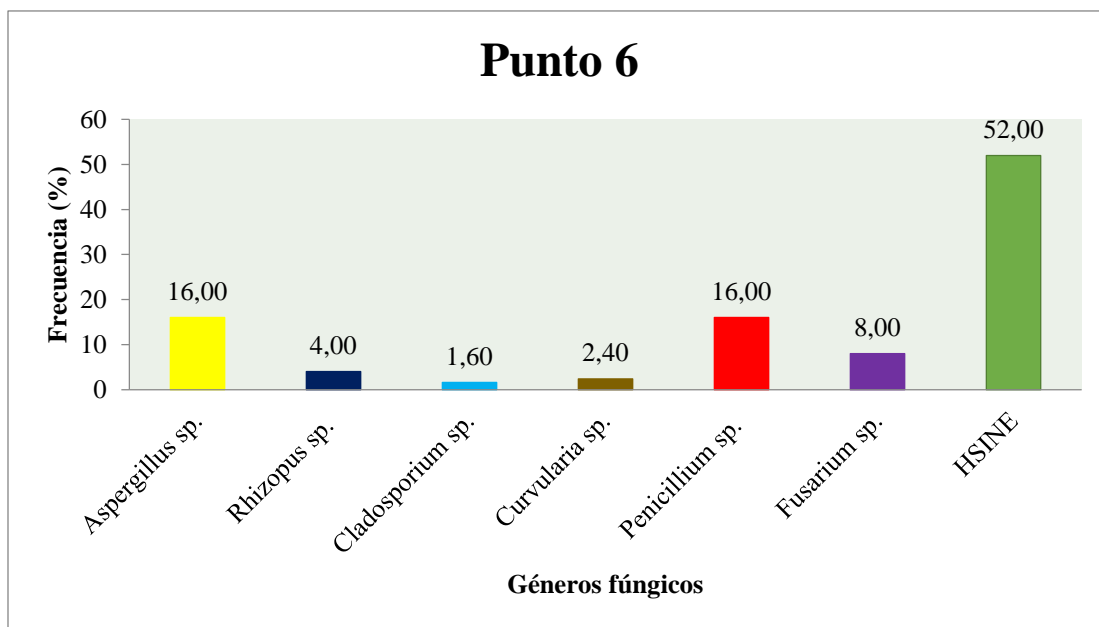
Gráfica 4. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentosos para el Punto 4.

En el punto 4, correspondiente a los laboratorios del cuarto piso, el género predominante fue el *Aspergillus sp.*, con un 28.95%; con un menor porcentaje se encontró: *Fusarium sp.*, (9.21%), *Rhizopus sp.*, (9.21%), *Cladosporium sp.*, (3.95%), *Penicillium sp.*, (2.63%) y *Curvularia sp.* (1.32%). Los HSINE alcanzaron un valor de 44.74%.



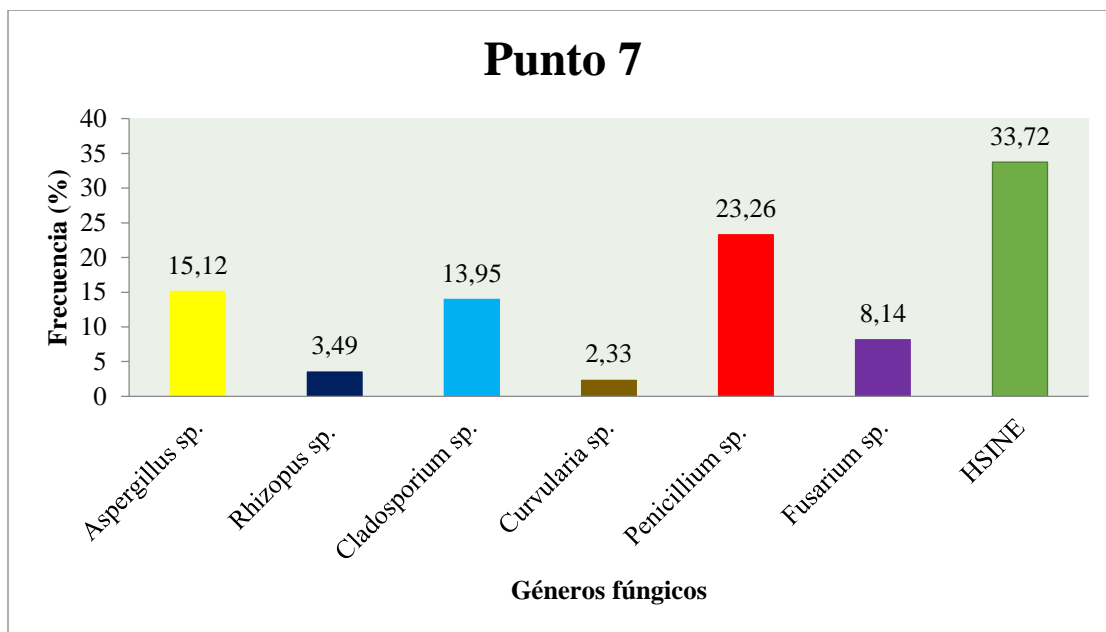
Gráfica 5. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentosos para el Punto 5.

En el punto 5, correspondiente al auditorio Guane ubicado en el sótano, los dos géneros predominantes fueron el *Aspergillus sp.*, con un 22.22% y *Penicillium sp.*, con un 18.25%; en un menor porcentaje se encontró: *Fusarium sp.*, (6.35%), *Rhizopus sp.*, (4.76%), *Cladosporium sp.*, (3.97%) y *Curvularia sp.*, (3.17%). Los HSINE obtuvieron un valor de 39.68%.



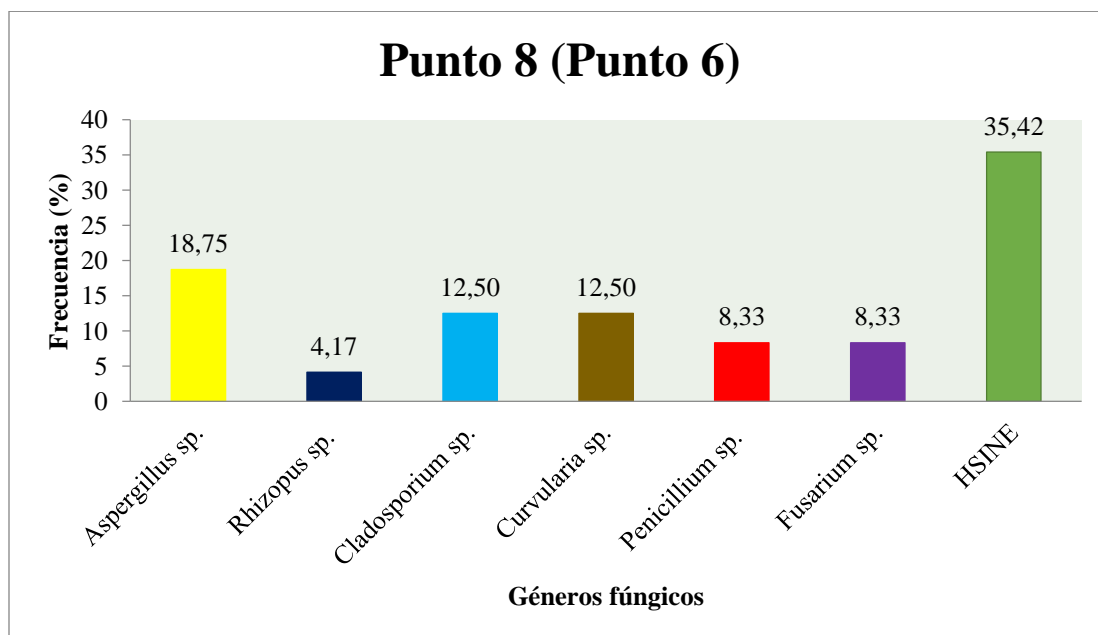
Gráfica 6. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentosos para el Punto 6.

En el punto 6, correspondiente a la recepción del primer piso, se encontró que los dos géneros con un mayor porcentaje fueron *Aspergillus sp.*, y *Penicillium sp.*, con un 16% para cada uno de estos microorganismos. El resto de géneros hallados fueron *Fusarium sp.*, (8%), *Rhizopus sp.* (4%), *Curvularia sp.* (2.4%) y *Cladosporium sp.*, (1.60%). En este punto el porcentaje de HSINE fue de 52%, un valor alto considerando que esta zona fue la que mayor número de colonias presentó por caja de Petri, esto último puede deberse a la entrada de ráfagas de aire en el área principal de ingreso trayendo material del exterior y, a la presencia de un número mayor de personas que transitan por el lugar; sin embargo, la ausencia de estructuras características de algún género en particular limitó su identificación.



Gráfica 7. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 7.

En el punto 7, lugar correspondiente a la oficina del ECAPMA, se hallaron tres géneros predominantes sobre el total de muestras: *Penicillium sp.*, con 23.26%, *Aspergillus sp.*, con 15.12% y *Cladosporium sp.*, con 13.95%. Los géneros restantes encontrados fueron: *Fusarium sp.*, (8.14%), *Rhizopus sp.*, (3.49%) y *Curvularia sp.*, (2.33%). De las muestras no identificadas, los hongos no esporulados (HSINE) alcanzaron un 33.72%.

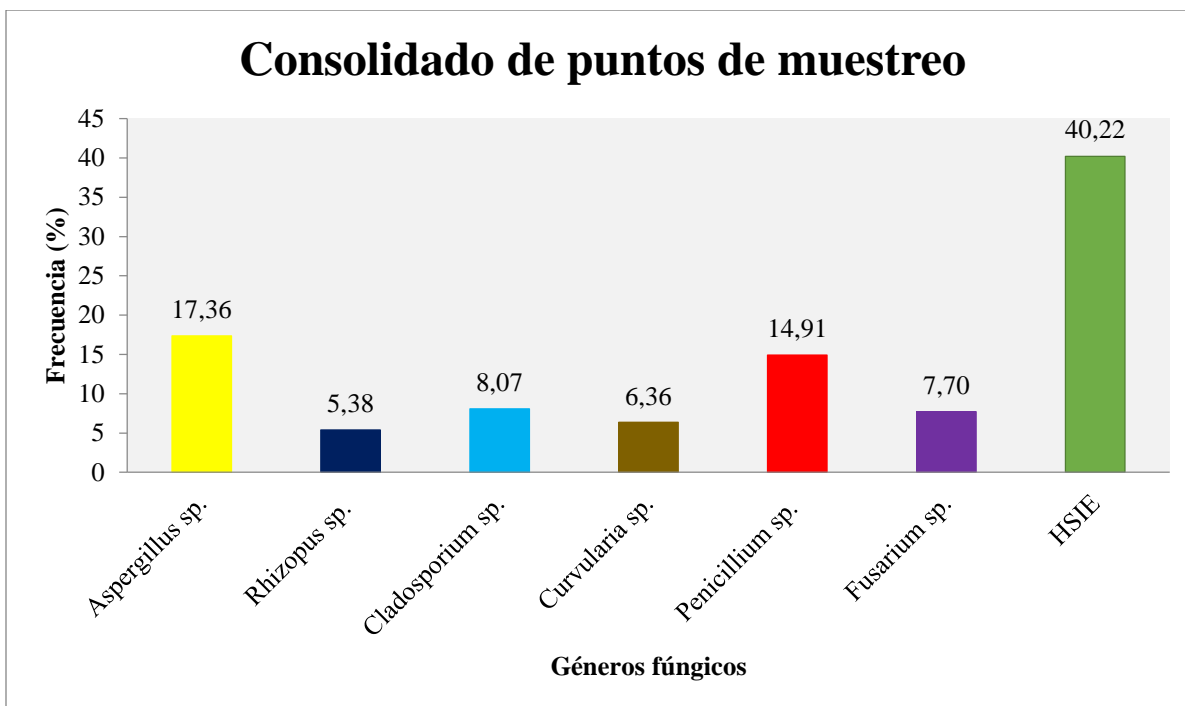


Gráfica 8. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso para el Punto 8.

En el punto 8, correspondiente a la oficina de Registro y Control del primer piso, se encontraron tres géneros con mayor porcentaje respecto a los demás: *Aspergillus sp.*, con un 18.75%, *Cladosporium sp.*, y *Curvularia sp.*, cada uno con un 12.50%, respectivamente. El resto de hongos identificados fueron: *Fusarium sp.*, y *Penicillium sp.*, con 8.33% cada uno, *Rhizopus sp.*, (4.17%) y los HSINE con un 35.42%. A pesar que este lugar se ubica a pocos metros de la entrada principal donde se colocaron las muestras del Punto 6, las cajas de Petri no presentaron tantas colonias por recipiente, como sí sucedió para el punto mencionado. Finalmente, se presenta a continuación la consolidación de la información de los 7 puntos muestreados (Tabla 1 y Gráfica 9) con el fin de establecer la predominancia en los muestreos de los géneros de hongos filamentosos identificados:

Tabla 1. *Porcentaje y frecuencia de aislamientos totales de acuerdo al género fúngico identificado.*

<b>Géneros aislados</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<i>Aspergillus sp.</i>	142	17,36
<i>Rhizopus sp.</i>	44	5,38
<i>Cladosporium sp.</i>	66	8,07
<i>Curvularia sp.</i>	52	6,36
<i>Penicillium sp.</i>	122	14,91
<i>Fusarium sp.</i>	63	7,70
<b>HSINE (Hongos sin identificar no esporulados)</b>	329	40,22
<b>Total</b>	818	



Gráfica 9. Porcentaje de frecuencia por género de hongo filamentoso del total de puntos de muestreo evaluados.

Como se observó en cada punto de muestreo, se identificaron 6 géneros de hongos durante las tres semanas de recolección de muestras con un predominio de los géneros *Aspergillus sp.*, con un 17.36% y *Penicillium sp.*, con un 14.91%; les siguen de cerca *Cladosporium sp.*, con un 8.07% y *Fusarium sp.*, con un 7.70% del total de 818 muestras revisadas. Los hallazgos de este estudio concuerdan con los resultados de Hayleeyesus y Manaye, 2014; Cardozo-Becerra y Araque-Muñoz, et al., 2015; y Molina-Veloso y Borrego-Alonso, 2017; los cuales, fueron realizados en bibliotecas, zonas de archivos y complejos de oficinas administrativas; en todos estos casos, se establece que estos géneros son los más comunes en los ambientes de interiores y exhiben un alto potencial para generar el síndrome del edificio enfermo. La causa principal que explica su presencia está relacionada con factores como elevada humedad y temperatura (Pérez et al., 2015), deficiencias en el planeamiento territorial urbano y en el incumplimiento de las regulaciones vigentes en construcción de edificaciones; que también está ligado inevitablemente, a la calidad de aire en los ambientes exteriores (Ayanbimpe et al., 2012).

Tanto *Aspergillus sp.*, como *Penicillium sp.*, se han asociado a la generación de reacciones de hipersensibilidad, micosis cutáneas y micotoxicosis (Sánchez-Espinosa y Almaguer-Chávez, 2014; Daza-Pérez et al., 2015), sin embargo, las propiedades alergénicas que desembocan en patologías de diversa índole, pueden variar entre las especies y cepas del mismo género, considerando el amplio número de especies, subespecies y morfotipos que poseen hasta el momento (Molina-Veloso y Borrego-Alonso, 2017).

El tercer género con mayor predominancia en la totalidad de muestras fue *Cladosporium sp.*, con un alto porcentaje en los Puntos 1, 2, 7 y 8, áreas que se caracterizan por poseer aire acondicionado y presentar mínimas corrientes de aire, estas condiciones le permiten permanecer suspendido en diversos sustratos para colonizarlos y, finalmente provocar su deterioro en superficies tales como materiales de construcción (Verdier et al., 2014), archivos (Borrego-Alonso, 2012), en elementos compuestos por fibras naturales, al dañar su estructura y coloración (Guiamet et al., 2014); y además, de favorecer la corrosión de metales (Lukaszuk, et al., 2011). En el área de la salud, no se ha reportado como productor de micotoxinas (Segers et al., 2015), pero puede llegar a provocar en el hombre alergias respiratorias como asma y rinitis, cuando se encuentra en altas concentraciones en el ambiente (Almaguer-Chávez et al., 2014).

Por otra parte, la presencia del género *Fusarium sp.*, en este tipo de ambientes ocurre generalmente por el arrastre de sus esporas de zonas exteriores por parte del viento o la lluvia (Moretti et al., 2018), mientras que su prevalencia puede relacionarse con altos porcentajes de humedad y temperaturas más cálidas que favorecen su crecimiento (Basilico et al., 2007). Un estudio realizado por Piecková y Jesenská (1999), reporta cifras de este género fúngico en viviendas de Estados Unidos y partes de los Países Bajos, resaltándolo como un indicador de humedad en el ambiente; en cuanto a los hallazgos en las instalaciones de la universidad, este género alcanzó el porcentaje más alto del 11.3% en el Punto 1 (área de la biblioteca, zona de archivos y material bibliográfico), mientras que en el resto de zonas el porcentaje se mantuvo constante entre el 4% y 8%.

El género *Curvularia sp.*, se encontró con un mayor porcentaje en los puntos 2, 3 y 8, aunque en general su porcentaje no superó el 12.5%, usualmente las esporas pueden ser encontradas en meses cálidos o en zonas tropicales pero la incidencia reportada suele ser baja (Rocha-Estrada, et al., 2013). Es un patógeno común en plantas de cultivo como arrozales y otros cereales (Almaguer et al., 2013), pero es considerado un oportunista en el hombre a quienes suele producir enfermedades de tipo respiratorio y en otros órganos (Palavecino y Cinquegrani, 2009), mientras que la correlación clínica entre este género y las infecciones mencionadas en muchos casos no es conclusiva, debido a que la identificación morfológica suele ser difícil por presentar características similares con otros géneros como *Bipolaris*, *Drechslera* y *Exserohilum* (Da Cunha et al., 2013).

El último género encontrado *Rhizopus sp.*, permaneció sin variaciones marcadas en los puntos muestreados con un porcentaje discreto entre 3.5% y 9.2%. Suele ser catalogado como un hongo oportunista que pertenece al orden de los mucorales, conocido en el área clínica por producir una enfermedad llamada mucormicosis o zigomicosis (Torres-Narbona et al., 2007), una patología que afecta diferentes órganos del cuerpo y, quienes se ven afectados suelen ser personas inmunosuprimidos o con alguna enfermedad primaria como diabetes o cáncer. Aunque presenta un rápido crecimiento en espacios intramurales requiere una alta humedad ambiental por lo que estudios realizados en países con estaciones suelen aislarlo con mayor frecuencia entre otoño e invierno (El-Herte et al., 2012); no es común que colonicen materiales de construcción y compuestos por lignina o celulosa, pero si alimentos



(Kurzai, 2013).

Como se puntualizó en los párrafos anteriores, la identificación de estos microorganismos incluyó una evaluación de las características macroscópicas de las colonias y más específicamente la visualización ciertas estructuras particulares (conidios o esporas) de cada género de hongo filamentoso, sin embargo, algunas muestras se clasificaron como *hongos sin identificar no esporulados (HSINE)*, cuyo porcentaje es alto en todos los puntos y en el consolidado final, debido a que no se encontraron conidios o esporas a la revisión en el microscopio que permitieran su identificación, posiblemente, porque las colonias aisladas no las produjeron, en tal caso, la mejor opción para identificarlos sería sembrando el microorganismo en una caja diferente para intentar reevaluarlo en días posteriores, o realizar pruebas más especializadas como un análisis molecular, el cual, requiere personal y equipos especializados en el área.

Los estudios en aerobiología y los resultados del presente estudio concuerdan que al interior de las edificaciones se crean las condiciones medio ambientales necesarias para el desarrollo de los microorganismos fúngicos, los cuales, se convierten en importantes componentes de contaminación en el aire por la amplia variedad de efectos que provocan en las personas, estructuras de construcción e inmobiliario (Lukaszuk, et al., 2011); por lo cual, es correcto afirmar que la existencia de una especie de hongo en particular puede ser peligrosa por sí misma (Hameed et al., 2004) para un huésped susceptible que conviva en estas circunstancias, razón principal que promueve el estudio del aire y los componentes en él, para el llamado síndrome del edificio enfermo.

### **6.3.PATOLOGÍA Y ALERGENOS PRODUCIDOS POR LOS HONGOS FILAMENTOSOS AISLADOS**

Una vez identificados los géneros fúngicos aislados en las instalaciones del CEAD Bucaramanga, se presenta a continuación un cuadro resumen con las enfermedades y alérgenos asociados a estos microorganismos, según diferentes fuentes bibliográficas consultadas (Cuadro 11).

Cuadro 10. *Patologías y alérgenos asociados a los géneros de hongos filamentosos identificados.*

<b>Género fúngico</b>	<b>Porcentaje de frecuencia del presente estudio</b>	<b>Patologías y alérgenos asociados</b>	<b>Referencias</b>
<i>Aspergillus sp.</i>	17.36%	Aspergilosis pulmonar cavitaria crónica (APCC) <sup>1 4</sup> Aspergiloma sinusal <sup>1</sup> Rinosinusitis <sup>1</sup>	<sup>1</sup> Pérez, et al., 2015 <sup>2</sup> Abrunhosa et al., 2016 <sup>3</sup> Khan y Karuppayil, 2012 <sup>4</sup> Almaguer-Chávez et al.,

		<p>Queratitis fúngica<sup>1</sup>  Endocarditis, pericarditis<sup>1</sup>  Micotoxinas (Esterigmatocistina, aflatoxina, ocratoxina, fumigaclavina A, C)<sup>2 5 7</sup>  Fibrosis quística<sup>3</sup>  EPOC<sup>3</sup>  Asma<sup>3</sup>  Micosis cutáneas<sup>4</sup>  Alveolitis alérgica (Aspergilosis broncopulmonar alérgica)<sup>6</sup></p>	<p>2014  <sup>5</sup> Piontelli, 2014  <sup>6</sup> Martín, et al., 2017  <sup>7</sup> García-Vidal y Lletí, 2014</p>
<i>Fusarium sp.</i>	7.70%	<p>Micotoxicosis (Zearalenona, Tricotecenos, Fumonisina)<sup>1 2 4</sup>  Fusariosis<sup>3</sup>  Sinusitis<sup>3 5</sup>  Neumonía<sup>3</sup>  Micosis cutánea<sup>3</sup>  Keratitis, Onicomicosis<sup>5</sup></p>	<p><sup>1</sup> Daza-Pérez, et al., 2015  <sup>2</sup> Abrunhosa et al., 2016  <sup>3</sup> Almaguer-Chávez et al., 2014  <sup>4</sup> Daza-Pérez et al., 2015  <sup>5</sup> Levetin et al., 2016</p>
<i>Cladosporium sp.</i>	8.07%	<p>Asma<sup>1</sup>  Rinitis alérgica<sup>1</sup></p>	<p><sup>1</sup> Almaguer-Chávez et al., 2014</p>
<i>Penicillium sp.</i>	14.91%	<p>Asma<sup>1</sup>  Alveolitis alérgica<sup>1</sup>  Micotoxinas (citrinina nefrotóxica, patulina)<sup>2 3</sup></p>	<p><sup>1</sup> Toloza-Moreno et al, 2012  <sup>2</sup> Cruz et al., 2016  <sup>3</sup> Abrunhosa et al., 2016</p>
<i>Curvularia sp.</i>	6.36%	<p>Rinosinusitis alérgica<sup>1</sup>  Onicomicosis<sup>2 3</sup>  Micematomas cutáneos<sup>2</sup>  Abscesos en pulmón, cerebro, hígado y tejido conectivo<sup>2</sup>  Endofptalmitis<sup>3</sup>  Endocarditis<sup>3</sup></p>	<p><sup>1</sup> Cruz et al., 2013  <sup>2</sup> Palavecino y Cinquegrani, 2009  <sup>3</sup> Da Cunha et al., 2013</p>
<i>Rhizopus sp.</i>	5.38%	<p>Zigomicosis<sup>1</sup></p>	<p><sup>1</sup> Torres-Narbona et al., 2007</p>

**METODOLOGÍA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN PARA LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, CEAD BUCARAMANGA.  
(ANEXO)**

## CONCLUSIONES

El aire al interior de las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) se encuentra contaminado con material biológico atribuible a la presencia de esporas de seis diferentes géneros de hongos filamentosos (*Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Curvularia sp.*, *Rhizopus sp.*), los cuales fueron identificados basados en las características morfológicas microscópicas y macroscópicas de las colonias presentes en las cajas de Petri.

Los géneros aislados se reportan dentro de la lista de los hongos que poseen alérgenos capaces de promover el desarrollo de enfermedades alérgicas en el ser humano si se cumplen ciertas condiciones que tienen que ver con exposición, inmunidad del huésped, género de hongo presente y concentración de esporas en el ambiente; y además, favorecer el deterioro de estructuras de construcción y materiales de diferente composición, según los reportes de diferentes estudios a nivel nacional e internacional.

La metodología de limpieza y desinfección fue diseñada considerando las características de la planta física del CEAD, el personal a cargo del proceso de limpieza y las actividades que se realizan al interior de las instalaciones de la institución, ya que en este tipo de entidades los protocolos tomados como referencia se enfocan en áreas de riesgo biológico como laboratorios o quirófanos, este último sólo en facultades de salud humana o animal. El documento presentado no presenta procedimiento que intenten eliminar esporas en sí, sino reforzar ciertas prácticas de limpieza y desinfección que no están estandarizadas en el CEAD y por lo tanto, reducir el riesgo de exposición a factores ambientales como partículas de polvo y, evitar el deterioro de superficies como paredes, pisos y techos.

## **RECOMENDACIONES**

Correlacionar los géneros de hongos filamentosos encontrados en el presente estudio con la medición de la concentración de esporas fúngicas en el aire en al menos dos periodos de tiempo diferentes en el año (temporada seca y temporada de lluvias) junto con la medición de variables meteorológicas al interior de las instalaciones como humedad relativa y temperatura.

Complementar el estudio de la calidad microbiológica del aire al interior de las instalaciones de la universidad considerando las bacterias, siguiendo el mismo orden realizado para los fúngicos: identificación de géneros de bacterias, concentraciones ambientales y medición de variables meteorológicas.

Indagar epidemiológicamente con los trabajadores y el personal estudiantil de la universidad sobre la presencia de enfermedades asociadas a la permanencia dentro de las instalaciones, factores comunes en la presentación de síntomas y factores de riesgos no biológicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrunhosa L., Morales, H., Soares, C., Calado, T., Villa-Châ, A.S., Pereira, M., y Venâncio, A. (2016). A review of mycotoxins in Food and feed products in Portugal and estimation of probable daily intakes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, 249-265. DOI: 10.1080/10408398.2012.720619
- Allen-Molar, R., Picos-Muñoz, P.A., Márquez-Zequera, I., Carrillo-Fasio, J.A., García-Estrada, R.S., y León-Felix, J. (2013). Identificación morfológica y molecular del *Penicillium oxalium* causante de pudrición de tallos y frutos de tomate. *Revista Mexicana de fitopatología*, 31(1), 13-19. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092013000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000100002)
- Almaguer-Chávez, M., Sánchez-Espinosa, K.C., y Rojas-Flores, T.I. (2014). El género *Cladosporium* en la atmosfera del Occidente de Cuba: pasado, presente y futuro. *Revista Cubana de Ciencias biológicas*, 3(3), 8-17. Recuperado de <http://www.rccb.uh.cu/index.php/RCCB/article/view/74/145>
- Almaguer, M., Rojas, T.I., Dobal, V., Batista, A., y Aira, M.J. (2013). Effect of temperature on growth and germination of conidia in *Curvularia* and *Bipolaris* species isolated from the air. *Aerobiologia*, 29(1), 13-20. DOI 10.1007/s10453-012-9257-z
- Álvarez, B.P., y Vásquez, C. (2011). Técnicas básicas de microbiología. Observación de hongos filamentosos. *Reduca*, 2(4), 1-15. Recuperado de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/800>
- Arias-León, G., y Garzón-Herazo, J. (2010). Zigomicosis. *Infectio*, 14(2), 181-192. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v14s2/v14s2a10.pdf>
- Ayanbimpe, G.M., Danjuma, W.S., y Okolo, M.O. (2012). Relationship between fungal contamination of indoor air and health problems of some residents in Jos. *Air Quality – Monitoring and Modeling*, 1-19. Recuperado de <http://cdn.intechweb.org/pdfs/30045.pdf>
- Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U., y Osawa, H. (2018). Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Science of the total Environment*, 616-617, 1649-1655. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.147.
- Barnett, H.L., y Hunter, B.B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi. Cuarta edición*. St. Paul, Minnesota (USA): Burges Publishing Company.
- Basilico, M.L., Chiericatti, C., Aringoli, E.E., Althaus, R.L., y Basilico, J.C. (2007). Influence of environmental factors on airborne fungi in houses of Santa Fe City, Argentina. *Science of the Total Environment*, 376, 143-150. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969707000071?via%3Dihub>

- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J.Z., y Crous, P.W. (2012). The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*, 72, 1-401. Recuperado de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3390897/pdf/simycol\\_72\\_1\\_001.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3390897/pdf/simycol_72_1_001.pdf)
- Bonifaz, A. J. (2012). *Micología Médica* (Cuarta edición). México: McGraw Hill Interamericana de Editores, S.A de C.V.
- Borrego-Alonso, S.F. (2012). *Cladosporium*: género fúngico que deteriora soportes documentales y afecta la salud del hombre. *Boletín del Archivo Nacional*, 104-118. Recuperado de <http://www.arnac.cu/wp-content/uploads/2013/03/Cladosporium.pdf>
- Brooks, G.F., Carroll, K.C., Butel, J.S., Morse, S.A., y Mietzner, T.A. (2011). *Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg*. México: Mc Graw Hill.
- Burge, H. (2010). Fungal Allergens. *The Environmental Reporter*. Recuperado de <https://www.emlab.com/resources/education/environmental-reporter/fungal-allergens/>
- Cabral, J.P.S. (2010). Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions. *Science of the Total Environment*, 408, 4285-4295. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.07.005.
- Calizaya, C., Salazar, G., y Silva, J. (2010). Evaluación de hongos ambientales en mercados de abastos de la ciudad de Tacna – Perú. *Revista Mexicana de Micología*, 31, 65-67. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802010000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802010000100009)
- Cañedo, V., y Ames, T. (2004). Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Recuperado de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>
- Cárdenas, M.X., Cortes, J.A., y Parra, C.M. (2008). Presencia de *Aspergillus* spp. en áreas de riesgo en pacientes trasplantados en un hospital universitario. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25, 232-236. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S113014060870055X>
- Cardozo-Becerra, R.Y., y Araque-Muñoz, L.G. (2015). Caracterización de aerosoles en tres edificaciones administrativas de Bogotá, 2012-2013. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 6(1), 41-54. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-74882015000100006&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-74882015000100006&script=sci_abstract&tlng=es)
- Carrillo, L. (2003). *Los hongos de los alimentos y forrajes*. Universidad Nacional de Salta, Argentina. p. 44.
- Chao, J.H., Schwartz, J., Milton, D.K., y Burge, H.A. (2002). Populations and determinants of airborne fungi in large office buildings. *Environmental Health Perspectives*, 110(8), 777-782. Doi: 10.1289/ehp.02110777.
- Cifuentes, E.L.A., y Espinosa, P.A.P. (2008). *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde* (trabajo de grado de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

- Comerio, R.M. (2000). Nefrotoxinas y especies nefrotóxicas del género *Penicillium* Link. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, 82-89. Recuperado de <http://www.reviberoammicol.com/2000-17/082089.pdf>
- Cramer, R., Zeller, S., Glaser, A.G, Vilhelmsson, M., y Rhyner, C. (2009). Cross-reactivity among fungal allergens: a clinically relevant phenomenon?. *Mycoses*, 52(2), 99-106. doi: 10.1111/j.1439-0507.2008.01644.x.
- Cruz, J.S., Da Costa, G.L., y Figueroa-Villar, J.D. (2016). História, Aplicações, Atividade e Modificações da Citrinina. *Revista Virtual de Química*, 8(3), 650-664. DOI: 10.5935/1984-6835.20160049.
- Cruz, R., Barthel, E., y Espinoza, J. (2013). Rinoinusitis alérgica por *Curvularia inaequalis* (Shear) Boedijn. *Revista Chilena de infectologia*, 30(3), 319-322. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v30n3/art08.pdf>
- Cruz-Lachica, I., Márquez-Zequera, I., García-Estrada, R.S., Carrillo-Fasio, J.A., León-Félix, J., y Allende-Molar, R. (2017). Identificación de hongos mucorales causantes de la pudrición blanda en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(3), 397-417. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v35n3/2007-8080-rmfi-35-03-00397.pdf>
- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A., y Massarini, A. (2008). *Biología*. España, Madrid: Editorial Panamericana.
- De Turrís, A., Ocando, L., Romero, M., Fernández, M. (2013). ¿Pueden los microorganismos impactar los materiales de construcción? Una revisión. *Gaceta Técnica*, 10, 23-33. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4752971.pdf>
- El-Herte, R., Baban, T.A., y Kanj, S.S. (2012). Mucormycosis: A review on environmental fungal spores and seasonal variation of human disease. *Advances in Infectious Diseases*, 2, 76-81. Recuperado de [https://file.scirp.org/pdf/AID20120300004\\_10457487.pdf](https://file.scirp.org/pdf/AID20120300004_10457487.pdf)
- Freire, S, V.P., Paiva, L.M., Lima, E.A, y Maia, L.C. (1998). Morphological, cytological, and cultural aspects of *Curvularia pallescens*. *Revista de Microbiologia*, 29(3). Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37141998000300010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37141998000300010)
- Fukutomi, Y., y Taniguchi, M. (2015). Sensibilization to fungal allergens: Resolved and unresolved issues. *Allergology International*, 64, 321-331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.alit.2015.05.007>
- García-Miniet, M., y Sánchez-Espinosa, R. (2012). Estudio de la concentración fúngica aérea de los depósitos del Archivo Municipal de Cárdenas. Cuba. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(1), 37-43. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-25562012000100008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562012000100008)
- García-Vidal, C., y Lletí, M.S. (2014). Inmunopatología de las micosis invasivas por hongos filamentosos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 31(4), 219-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.riam.2014.09.001>



- Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., y Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21, 65. doi: 10.4103/1735-1995.189646.
- Goldsby, R.A., Kindt, T.J., Osborne, B.A., y Kuby, J. (2007). *Inmunología de Kuby* (Sexta edición), Santa Fe, México: McGraw Hill Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Guiamet, P., Igareta, A., Battistoni, P., y Gómez, S. (2014). Fungi and bacterial in the biodeterioration of archeological fibers. Analysis using different microscopic techniques. *Revista Argentina de Microbiología*, 46(4), 376-377. Recuperado de <http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/documentos/sipcyt/bfa004133.pdf>
- Haas, D., Habib, J., Luxner, J., Galler, H., Zarfel, G., Schlacher, R., Friedl, H., y Reinthaler, F.F. (2014). Comparison of background levels of culturable fungal spore concentrations in indoor and outdoor air in southeastern Austria. *Atmospheric Environment*, 98, 640-647. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.09.039.
- Hammed, A.A.A., Yasser, I.H., y Khoder, I.M. (2004). Indoor air quality during renovation actions: a case study. *Journal of Environmental Monitoring*, 6, 740-744. Recuperado de [https://www.kau.edu.sa/Files/155/Researches/59755\\_30332.pdf](https://www.kau.edu.sa/Files/155/Researches/59755_30332.pdf)
- Hayleeyesus, S.F y Manaye, A.M. (2014). Microbiological quality of indoor air in University Libraries. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1), 312-317. Doi: 10.12980/APJTB.4.2014C807
- Hernández-Chávez, M.J., Pérez-García, L.A., Niño-Vega, G., y Mora-Montes, H.M. (2017). Fungal strategies to evade the host immune recognition. *Journal of Fungi*, 3(4), 51. doi: [10.3390/jof3040051](https://doi.org/10.3390/jof3040051)
- Herrera, A.B., Rodríguez, L.A., y Niederbacher, J. (2011). Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en preescolares de Bucaramanga, Colombia. *Biomédica*, 31, 357-371. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v31n3/v31n3a08.pdf>
- Herrera, K., Cobar, O., Barrios, R., Pierola, K., Chamalé, W., Rosales, C.,...Maas-Mó, J. (2015). Evaluation of air pollution by microscopic fungi in two biological collections and two museums of Guatemala. *Revista Científica*, 25 (2), 43-58. Recuperado de <http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/qyf/article/view/455/pdf>
- Hsu, Y.C., Kung, P.Y., Wu, T.N., y Shen, Y.H. (2012). Characterization of indoor air bioaerosols in Southern Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research*, 12, 651-661. Recuperado de [http://www.aaqr.org/files/article/1001/19\\_AAQR-12-03-OA-0070\\_651-661.pdf](http://www.aaqr.org/files/article/1001/19_AAQR-12-03-OA-0070_651-661.pdf)
- Ikechi-Nwogu, C.G., y Elenwo, E.N. (2012). Comparative evaluation of growth media for the cultivation of fungal cultures. *Journal Plant Pathology and Microbiology*, 3(6). DOI: 10.4172/2157-7471.1000139.
- Jara-Hernández, E.L., y Piraquive-Mórtola, J.S. (2016). Determinación de la calidad de aire intramural en la clínica veterinaria, Universidad de la Salle. Universidad de La Salle, Bogotá. Recuperado de

[http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18685/41092038\\_2016.pdf?sequence=1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18685/41092038_2016.pdf?sequence=1)

- Koneman, E.W., Stephen, D.A., Washington, C.W., Janda, W.M., Procop, G.W., Schrenkenberger, P.C., y Woods, G.L. (2006). *Koneman Diagnóstico microbiológico. Texto y atlas en color (6ta edición)*. (pp. 1124-1127). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Kurzai, O. (2013). *Human Fungal Pathogens (The Mycota). Segunda Edición*. US: Springer Science & Business Media.
- Laboratorio Merck. (2019 a). *Sabouraud-4% Dextrose Agar acc.harm*. EP/USP/JP. [Cuadro]. Recuperado de [http://www.merckmillipore.com/CO/es/product/SABOURAUD-40-0-dextrose-agar,MDA\\_CHEM-105438](http://www.merckmillipore.com/CO/es/product/SABOURAUD-40-0-dextrose-agar,MDA_CHEM-105438)
- Laboratorio Merck. (2019 b). *Agar patata glucosa*. EP/USP/JP. [Cuadro]. Recuperado de [http://www.merckmillipore.com/CO/es/product/Potato-dextrose-agar,MDA\\_CHEM-110130#documentation](http://www.merckmillipore.com/CO/es/product/Potato-dextrose-agar,MDA_CHEM-110130#documentation)
- Landry, K.G., Ascension, N.M., Armelle, D.C.I., Hortense, G.K., y Francois-Xavier, E. (2018). Assessment of indoor microbial quality of library's premise: case of Central Library of the University of Yaoundé I. *Open Journal of Preventive Medicine*, 8, 109-120. DOI: 10.4236/ojpm.2018.84011.
- Leslie, J.F., y Summerell, B.A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. USA, Iowa: Blackwell Publishing.
- Levetin, E., Horner, E., y Scott, J.A. (2016). Taxonomy of allergenic fungi. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 4(3), 375-385. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213219815005760?via%3Dihub>
- Lezcano, J., Martínez, B., y Alonso, O. (2010). Caracterización cultural y morfológica e identificación de 12 aislamientos fungosos de semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes*, 33(1), 1-14. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119691004.pdf>
- Lin, W.R., Chen, Y.H., Lee, M.F., Hsu, L.Y., Tien, C.J., Shih, F.M., Hsiao, S.C., y Wang, P.H. (2016). Does spore count matter in fungal allergy?: the role of allergenic fungal species. *Allergy Asthma Immunology Research*, 8(5), 404-411. doi: [10.4168/aaair.2016.8.5.404](https://doi.org/10.4168/aaair.2016.8.5.404)
- Lukaszuk, C.R., Krajewska-Kulak, E., y Kulak, W. (2011). Effects of fungal air pollution on human health. *Progress in Health Sciences*, 11(2), 156-164. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/523c/7102d81330e588eb6e476fd523ebb5166ae3.pdf>
- Maldonado-Vega, M., Peña-Cabriales, J.J., De los Santos-Villalobos, S., Castellanos-Arévalo, A.P., Camarena-Pozos, D., Arévalo-Rivas, B.,...Guzmán de Peña, L. (2014). Bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios ubicados en

- León, Guanajuato, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(4), 351-363. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n4/v30n4a4.pdf>
- Mantilla, K., Gámez, D., Muñoz, S., y Domínguez-Amorocho, O.A. (2016). Aislamiento e identificación de hongos ambientales presentes en áreas de almacenamiento de material bibliográfico y oficinas en la Universidad de Santander UDES Bucaramanga. *Revista Facultad de Ciencias de la Salud UDES*, 3(1), 39-40.
- Martín, A.A., Merino, M.N., y Pérez, G.P. (2017). Neumonía persistente y neumonía recurrente. *Protocolos Diagnósticos y Terapéuticos en Pediatría*, 1, 157-187. Recuperado de [https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/11\\_neumonia\\_recurrente.pdf](https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/11_neumonia_recurrente.pdf)
- Martínez, M.J., Barrios, O. H., Canosa, J.S.R., y Rodríguez, I.P: (2019). Colonización por hongos ambientales en el paciente alérgico respiratorio no controlado. *Revista Cubana de Pediatría*, 91(1). Recuperado de <http://www.revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/449/251>
- Martínez-Benítez, E. (2004). *Estudios de especies micotoxígenas del género Pennicillium: Pennicillium verrucosum Dierckx*. Universitat Autònoma de Barcelona, España. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5598/emb1de1.pdf;jsessionid=E1FCF410A375249A3C7EAEA53F89CC32?sequence=1>
- Méndez-Puentes, C.A., Camacho-Sánchez, J.G y Echeverry-Hernández, S. (2015). Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva. *Revista de Salud Pública*, 14(5), 728-735.
- Molina-Veloso, A., y Borrego-Alonso, S.F. (2017). Viable allergenic fungi in a documentary deposit of the National Archive in Cuba. *Revista Alergia México*, 64(1), 40-51. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v64n1/2448-9190-ram-64-01-00040.pdf>
- Moretti, M.L., Busso-Lopes, A.F., Tararam, C.A., Moraes, R., Muraosa, Y., Mikami, Y,...Katsuhiko, K. (2018). Airborne transmission of invasive fusariosis in patients with hematologic malignancies. *Plos One*, 13(4), 1-13. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0196426>
- Murray, PR., Rosenthal, K.S., y Pfaller, M.A. (2013). *Microbiología médica*. España, Barcelona: Editorial ElServier.
- Ortiz-Macea, I.M., y García-Hincapié, M.P. (2016). Evaluación del estado de la calidad bacteriológica del aire al interior de la clínica de optometría de la Universidad de La Salle (proyecto de grado). Universidad de La Salle, Bogotá. Recuperado de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18679/41111056\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18679/41111056_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Palavecino, M., y Cinquegrani, M. (2009). Queratitis micótica pigmentada por *Curvularia lunata*. *Oftalmología Clínica y Experimental*, 3(1), 32-34. Recuperado de

<https://www.ofthalmologos.org.ar/oce/files/original/5172d1593af2455d0fc23ebb377da97b.pdf>

- Pavan, R., y Manjunath, K. (2014). Qualitative Analysis of indoor and outdoor airborne fungi in Cowsched. *Journal of Mycology*, 1-8. Doi: 10.1155/2014/985921.
- Pazmiño, F.A., y Navarete-Jiménez, M.L (2014). Mecanismos inmunológicos implicados en la patología del asma alérgica. *Revista de la Facultad de Medicina*, 62(2), 265-277. DOI: 10.15446/revfacmed.v62n2.45417.
- Pérez, H., y Sánchez, V.L. (2010). Propuesta de diseño del monitoreo ambiental microbiológico para el diagnóstico de niveles de contaminación en áreas de procesamiento aséptico. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 44(3), 7-14. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120684002>
- Piecková, E., y Jesenská, Z. (1999). Microscopic fungi in dwellings and their health implications in humans. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 6(1), 1-11. Recuperado de <http://www.aaem.pl/Microscopic-fungi-in-dwellings-and-their-health-implications-in-humans-,72673,0,2.html>
- Piontelli, E. (2014). Agentes comunes en la aspergilosis humanas: conceptos primarios en la diferenciación de sus complejos de especies. *Boletín Micológico*, 29(2), 63-100. Recuperado de <https://revistas.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/view/868>
- Ponnusamy, P., Saravanan, M., Reetha, T.L., Ronald, B.S.M., Manickam R., y Puvarajan, B. (2018). Curvularia dermatomycosis in a goat: Tamil Nadu, India. *Journal of entomology and Zoology Studies*, 6(3), 1446-1448. Recuperado de <http://www.entomoljournal.com/archives/?year=2018&vol=6&issue=3&ArticleId=3737>
- Ramos, R., y Meza, V. (2018). Ocurrencia de *Cladosporium* en la atmósfera de la Plaza San Martín de Lima (Perú) y su relación con algunos factores meteorológicos. *Ecología Aplicada*, 17(1), 39-43. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v17n1/a04v17n1.pdf>
- Rick, E.M., Woolnough, K., Pashley, C.H., y Wardlaw, A.J. (2016). Allergic fungal airway disease. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 26(6), 344-354. Recuperado de [http://www.jiaci.org/revistas/vol26issue6\\_1.pdf](http://www.jiaci.org/revistas/vol26issue6_1.pdf)
- Rivas, N.M., y Chatila, T.A. (2016). Regulatory T cells in allergenic diseases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 138(3), 639-652. doi: [10.1016/j.jaci.2016.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.06.003)
- Rocha-Estrada, A., Alvarado-Vázquez, M.A., Gutiérrez-Reyes, R., Salcedo-Martínez, S.M., y Moreno-Limón, S. (2013). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(2), 155-165. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/370/37027026002.pdf>
- Romero, M.M. (2014). Enfermedad pulmonar por *Aspergillus* spp: distribución de especies y sensibilidad frente a antifúngicos (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del

Nordeste, Argentina. Recuperado de <http://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/466/RIUNNE%20-%20Tesis%20de%20Maestria%20-%20Romero%20Maria%20de%20las%20Mercedes.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Ross, C., Menezes, J.R., Svidzinski, T.I.E., Albino, U., y Andrade, G. (2004). Studies on fungal and bacterial population of air conditioned environments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(5), 827-835. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-89132004000500020](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132004000500020)
- Samir, H., Wageh, W., y Abd-Elaziz Emam, M. (2014). Demonstration of aeroallergenicity of fungal hyphae and hyphal fragments among allergic rhinitis patients using a novel immunostaining technique. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 30(1), 17-22. DOI: 10.4103/1012-5574.127186
- Sánchez-Espinosa, K.C., y Almaguer-Chávez, M. (2014). Aeromicología y salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(3), 322-337. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602014000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602014000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Santos, P.R.R., Leao, E.U., Aguiar, R.W.S., Melo, M.P., y Santos, G.R. (2018). Morphological and molecular characterization of *Curvularia lunata* pathogenic to Andropogon grass. *Bragantia*, 77(2), 326-332. Doi: 10.1590/1678-4499.2017258.
- Schulze, F., Gao, X., Virzonis, D., Damiati, S., Schneider, M.R., y Kodziuz, R. (2017). Air quality effects on human health and approaches for its assessment through Microfluidic Chips. *Genes (Basel)*, 8(10), 224. doi: 10.3390/genes8100244
- Sciortino, C.V. (2017). Atlas of clinically important fungi. New Jersey: Editorial John Wiley & Sons, Inc. p. 319
- Segers, F.J.J., Meijer, M., Houbraken, J., Samson, R.A., Wösten, H.A.B, y Dijksterhuis, J. (2015). Xerotolerant *Cladosporium sphaerospermum* are predominant of indoor surfaces compared to other *Cladosporium* species. *Plos One*, 10(12), 1-15. Doi: 10.1371/journal.pone.0145415.
- Shams-Ghahfarokhi, M., Aghei-Gharehbolagh, S., Aslani, N., y Razzaghi-Abyaneh, M. (2014). Investigation on distribution of airborne fungi in outdoor environment in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1). Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3974021/pdf/2052-336X-12-54.pdf>
- Shelton, B.G., Kirkland K.H., Flanders, D. W., y Morris, G.K. (2002). Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1743-1753. Doi: 10.1128/AEM.68.4.1743-1753.2002.

- Simon-Nobbe, B., Denk, U., Pöll, V., Rid, R., y Breitenbach, M. (2008). The spectrum of fungal allergy. *International Archives of Allergy and Immunology*, 145(1), 58-86. DOI: <https://doi.org/10.1159/000107578>
- Smielowska, M., Marc, M., y Zabiegala, B. (2017). Indoor air quality in public utility environments. A review. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24, 11166-11176. DOI 10.1007/s11356-017-8567-7
- Soeria-Atmadja, D., Onell, A., y Borga, A. (2010). IgE sensibilization to fungi mirrors fungal phylogenetic systematics. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125(6), 1379-1386. doi: 10.1016/j.jaci.2010.02.028
- Tapia, C., y Amaro, J. (2014). Género *Fusarium*. *Revista Chilena de Infectología*, 31(1), 85-86. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v31n1/art12.pdf>
- Tham, K.W. (2016). Indoor air quality and its effects on humans. A review of challenges and developments in the last 30 years. *Energy and Buildings*, 130, 637-650. Doi: 10.1016/j.enbuild.2016.08.071.
- Tolosa, D.L., y Lizarazo, L.M. (2013). Calidad microbiológica del ambiente de la biblioteca Alfonso Patiño Rosselli, Tunja-Boyacá (Colombia). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 43-52. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262013000100006&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262013000100006&script=sci_abstract&tlng=es)
- Tolosa-Moreno, D., Lizarazo-Forero, L.M., y Blanco-Valbuena, J.O. (2012). Concentración y composición microbiana en el ambiente de la biblioteca central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. *Actualidades biológicas*, 97, 241-253. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v34n97/v34n97a10.pdf>
- Torres-Narbona, M., Guinea, J., Muñoz, P., y Bouza, E. (2007). Zigomicetos y zigomicosis en la era de las nuevas terapias antifúngicas. *Revista Española de Quimioterapia*, 20(4), 375-386. Recuperado de <http://www.seq.es/seq/0214-3429/20/4/zigomicetos.pdf>
- Tortora, G.J., Funke, B.R., y Case, C.L. (2007). Introducción a la microbiológica. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Twaroch T.E., Curin, M., Valenta, R., y Swoboda, I. (2015). Mold allergens in respiratory allergy: from structure to therapy. *Allergy Asthma Immunology Research*, 7(3), 205-220. DOI: 10.4168/aaair.2015.7.3.205.
- Velásquez, M.A., Álvarez, R.M., Tamayo, P.J., y Carvalho, C.P. (2014). Evaluación in vitro de la actividad del aceite esencial de mandarina sobre el crecimiento de *Penicillium* sp. *Corporica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 7-14. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v15n1/v15n1a02.pdf>
- Verdier, T., Coutand, M., Bertron, A., y Roques, C. (2014). A review of indoor microbial growth across building materials and sampling and analysis methods. *Building and Environment*,

80, 136-149. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314001802>

- Villamizar, L.A., Herrera, A.B., Ortiz, H., Velázquez, J.N., y Vera, L.M. (2010). Incidencia de síntomas respiratorios y su asociación con contaminación atmosférica en preescolares: un análisis multinivel. *Cadernos de Saúde Pública*, 26(7), 1411-1418. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/csp/v26n7/20.pdf>
- Wemedo, S.A., Ede, P.N., y Chuku, A. (2012). Interaction between building design and indoor airborne microbial load Nigeria. *Asian Journal of Biological Sciences*, 5(4), 183-191. Recuperado de <https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ajbs.2012.183.191>
- Willey, J.M., Sherwood, L., Woolverton, C.J., y Prescott, L.M. (2004). Microbiología de Prescott, Harley y Klein (Quinta Edición). España: McGraw-Hill Interamericana.
- Yassin, M.F., y 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. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/pdf?st10052>
- Zhang, Z., Reponen, T., y Hershey, G.K.K. (2016). Fungal exposure and asthma: IgE and Non-IgE-Mediated mechanisms. *Current Allergy Asthma Reports*, 16(12), 86. doi: 10.1007/s11882-016-0667-9
- Zhou, S., Peng, S., Wang, M., Shen, A., y Liu, Z. (2018). The Characteristics and Contributing Factors of Air Pollution in Nanjing: A Case Study Based on an Unmanned Aerial Vehicle Experiment and Multiple Datasets. *Atmosphere*, 9, 343-367.
- Zukiewicz-Sobczak, W. (2013). The role of fungi in allergic diseases. *Advances in Dermatology and Allergology*, 30(1), 42-45. doi: [10.5114/pdia.2013.33377](https://doi.org/10.5114/pdia.2013.33377)

# METODOLOGÍA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN PARA LA UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, CEAD BUCARAMANGA.

## OBJETIVO

Elaborar una metodología de limpieza y desinfección aplicable a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD Bucaramanga, a partir de los resultados obtenidos en la identificación de microorganismos fúngicos en los meses de Noviembre y Diciembre del año 2018.

## GLOSARIO

**Contaminación:** presencia o acumulación de componentes nocivos en el medio ambiente, que suponga un perjuicio para los seres vivos que lo habitan.

**Desinfección:** proceso químico o físico que destruye los microorganismos patógenos y no patógenos, aunque rara vez elimina esporas.

**Desinfectante:** agente o sustancia química utilizada para inactivar microorganismos patógenos como bacterias, virus y hongos. Un desinfectante ideal debe ser de amplio espectro, de rápida acción, no tóxico y compatible con las superficies, estable, fácil de usar y soluble en agua.

**Detergente:** agente sintético utilizado para la limpieza que puede emulsificar la grasa.

**Esterilización:** procedimiento donde se emplean métodos físicos para eliminar la

**Limpieza:** es la remoción mecánica por medio del agua y detergente de toda materia orgánica y suciedad de las superficies en general. No elimina microorganismos pero disminuye su número.

**Residuo:** objeto, sustancia, material o producto que se encuentra en estado sólido, líquido o gas, el cual se descarta debido a que sus propiedades no permiten su uso de nuevo en la actividad donde se generó.

**Solución:** Mezcla homogénea de dos o más sustancias.

**Técnica de arrastre:** consiste en limpiar de arriba abajo los muros y en el techo en un solo sentido, evitando repetir el paso del paño varias veces por un mismo sitio.

## 1. CONDICIONES GENERALES

### 1.1 DOTACIÓN AL PERSONAL

- Guantes de neopreno
- Tapabocas industrial
- Gafas de seguridad
- Botas de caucho
- Uniforme de dotación

### 1.2 EQUIPOS

- Trapeadores
- Carro exprimidor



- Baldes
- Escobas de cerdas suaves
- Espátulas
- Recogedores
- Cepillos de mano
- Cepillo para refregar
- Paños y bayetillas
- Productos de limpieza multiusos líquido
- Detergente
- Desinfectante (hipoclorito de sodio, compuestos de amonio cuaternario)
- Desmanchador (líquido)
- Cera (líquida autobrillante, emulsionada)
- Atomizadores
- Bolsas para la basura de acuerdo al tipo de residuo

### **1.3 ACTIVIDADES GENERALES DEL SERVICIO DE ASEO DENTRO DEL CEAD BUCARAMANGA**

- Limpieza de paredes y techos.
- Limpieza de pisos, pasillos y escaleras.
- Limpieza de polvo y papeleras.
- Limpieza de muebles de oficina, puertas y divisiones.
- Limpieza de equipos de oficina.
- Limpieza de baños (no incluido en este protocolo).
- Limpieza de laboratorios multipropósitos.
- Recolección de residuos sólidos y disposición en los lugares establecidos.
- Limpieza de avisos y logos de la universidad (fachada) (no incluido en este protocolo)
- Limpieza del espacio público (no incluido en este protocolo)

### **1.4 PERIODICIDAD DEL PROCESO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN**

La frecuencia estipulada en la Cuadro 1 para las actividades generales de aseo es la recomendada para lugares públicos con un flujo medio a alto de personal, considerando además, los resultados obtenidos en el muestreo ambiental para hongos en algunos puntos en las instalaciones de la universidad.

*Cuadro 1. Periodicidad recomendada para las actividades de aseo dentro de las instalaciones del CEAD Bucaramanga.*

<b>Actividades generales de aseo</b>	<b>Periodicidad</b>
Limpieza de paredes y techos	<i>Semanal</i>
Limpieza de pisos, pasillos y escaleras	<i>Diario</i>
Limpieza de canecas de disposición final y puntos	<i>Bimensual</i>

ecológicos	
Limpieza de equipos de oficina	<i>Diario</i>
Limpieza de muebles de oficina, puertas y divisiones	<i>Diario</i>
Limpieza de equipos de oficina	<i>Semanal</i>
Limpieza de laboratorios multipropósito	<i>Diario</i>
Recolección de residuos sólidos y disposición en lugares establecidos	<i>Diario</i>

## 1.5 DESINFECTANTES

- **Hipoclorito de sodio:** presenta un nivel de desinfección intermedio y no actúa en presencia de materia orgánica, por lo que es necesario efectuar una limpieza previa en la superficie donde se utilizará. Debe usarse con precaución en superficies metálicas por su acción corrosiva, no debe mezclarse con detergentes. Es de bajo costo (Secretaría Distrital de Salud, 2011). La solución preparada tiene una duración de 24 horas.
- **Compuestos de amonio cuaternario:** son solubles en agua y en alcohol, tienen propiedades tensoactivas. Son inodoros, no manchan, no son corrosivos y presentan baja toxicidad (Carchi y Serrano, et al., 2016). No deben mezclarse con aguas duras. Son bactericidas de amplio espectro (aunque tienen menor eficacia contra bacterias gram negativas), funguicidas y virucidas (lipídicos), pero muestran reducida actividad contra esporas (Diomedi et al., 2017). No deben mezclarse con detergentes aniónicos (jabones y detergentes sintéticos).

### 1.5.1 PREPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DESEADA DE LOS DESINFECTANTES

Para la preparación de la dilución del desinfectante debe tenerse en cuenta tener la concentración inicial del compuesto químico en la etiqueta del producto y el volumen deseado de la solución final, con esta información se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

Dónde:

$V_1 =$  Volumen deseado

$C_1 =$  Concentración conocida

$V_2 =$  Volumen conocido

$C_2 =$  Concentración deseada

La concentración deseada del desinfectante se determina de acuerdo al área objetivo, puesto que la actividad que se realice en el lugar determina la presencia de microorganismos y otros compuestos que pueden ser nocivos para la salud del ser humano, y por lo tanto, va a requerir una concentración diferente en comparación a otras áreas de la universidad (Ver Cuadro 2).

*Cuadro 2. Rotación de productos desinfectantes en las instalaciones del CEAD Bucaramanga*

<b>Desinfectante</b>	<b>Área</b>	<b>Concentración en lavado rutinario</b>	<b>Tiempo de acción sobre superficie</b>
Hipoclorito de sodio	<i>Laboratorios</i>	2500 ppm (0.25%)	10 minutos
	<i>Baños, cuarto general aseo</i>	2500 ppm (0.25%)	
	<i>Oficinas, pasillos...</i>	1000 ppm (0.10%)	
Compuestos de amonio cuaternario	<i>Laboratorios</i>	5000 ppm (0.5%)	10 minutos
	<i>Baños, cuarto general aseo</i>	2500 ppm (0.25%)	5 minutos
	<i>Oficinas, pasillos...</i>	2500 ppm (0.25%)	5 minutos

Nota: La rotación de los productos se realizará de forma trimestral. Adaptado de Limpieza y desinfección de equipos y superficies ambientales en instituciones prestadoras de servicios de salud por Secretaría Distrital de Salud, 2011. Recuperado de <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20IIIH/Limpieza%20y%20Desinfecci%C3%B3n%20de%20Equipos%20y%20Superficies.pdf>

## **2. PASOS GENERALES PARA EFECTUAR PROCESO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN**

1. Limpieza en seco
2. Enjuague previo (rápido)
3. Aplicación de detergente (con restregado)
4. Enjuague posterior
5. Aplicación del desinfectante

### **2.1 PREPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD**

- El personal encargado debe vestir los implementos de protección personal asignados por la institución para efectuar las actividades de aseo designadas.
- Establecer un horario de aseo para cada una de las dependencias de la institución que no entorpezcan el desarrollo de las actividades administrativas y académicas.
- Mantener los insumos de aseo organizados en los carros y/o en los lugares de almacenamiento designados.
- Preparar las soluciones de detergente o desinfectante necesarias diariamente, en caso de sobrantes, guardarlos para usarlos después, teniendo en cuenta la duración de la viabilidad del producto.
- Los utensilios de limpieza como bayetillas, paños y trapeadores deben ser desinfectados cada vez que se comience la actividad de aseo por cada una de las áreas.

### **2.2 DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD**

### **2.2.1 LIMPIEZA DE TECHOS**

**(Dependiendo de la altura del techo, emplear escalera)**

1. Utilizar una escoba de mango largo, teniendo en cuenta la altura del techo de las instalaciones, pasarla por toda la superficie procurando retirar polvo, telas de arañas y otras partículas adheridas
2. Con paño húmedo con una solución de producto multiusos repasar toda la superficie haciendo movimientos lineales de pared a pared, deteniéndose en las esquinas y en los ángulos entre el techo y la pared.
3. Si se observan la presencia de áreas sucias, utilizar un paño húmedo con una solución del desinfectante en rotación y fregar a mano la superficie.
4. Secar la superficie utilizando un paño seco o una funda de microfibra siguiendo los mismos movimientos empleados para limpiar.

### **2.2.2 LIMPIEZA DE PAREDES**

1. Si se requiere uso de la escalera debe seguir las indicaciones
2. Humedecer con un paño húmedo la superficie a limpiar.
3. Emplear una bayetilla húmeda con solución de limpiador multiusos y llevar a cabo la limpieza de arrastre con movimiento de arriba hacia abajo para que las partículas de polvo y suciedad caigan al piso.
4. Repasar con una bayetilla húmeda las paredes empleando agua limpia, para ello se debe cambiar el contenedor del agua retirando la solución del limpiador multiuso.
5. Aplicar el producto desinfectante en turno de acuerdo a la rotación de desinfectantes establecido (Ver Cuadro 2).
6. Secar la superficie con un paño seco.
7. Lavar, desinfectar y secar las bayetillas y paños al finalizar el proceso.
8. Tener precaución con los puntos eléctricos, en caso de emplear un volumen alto de agua, cubrirlos.
9. Limpiar los interruptores eléctricos con un paño seco.

### **2.2.3 LIMPIEZA DE PISOS, PASILLOS Y ESCALERAS**

#### **2.2.3.1 PISOS**

1. Recolectar los residuos sólidos de las canecas en los puntos dispuestos en oficinas, pasillos o recovecos.
2. Realizar barrido de la superficie con una escoba con una funda de microfibra que recubra las cerdas para disminuir la dispersión de polvo. Antes de efectuar el barrido retirar cables e inmobiliario que dificulte la actividad.
3. Recoger el material en un solo punto para evitar dispersión de los residuos y recolectarlos en las bolsas de su respectivo color.
4. Colocar el aviso de piso húmedo.
5. El proceso de trapeado se debe realizar en forma de ocho, iniciándose en los guardaescobas, alejado de la entrada y cubriendo toda la superficie. Se debe utilizar

- primero una solución jabonosa y luego, la dilución del desinfectante respectivo, de acuerdo a la tabla de rotación de desinfectantes establecido (Ver Cuadro 2).
6. El trapeador debe enjuagarse y volver a pasar por toda la superficie para eliminar el producto limpiador y desinfectante. Procurar no trapear con exceso de agua para evitar dejar la superficie demasiado mojada.
  7. El agua del balde para enjuague debe renovarse al cambiar de lugar.
  8. Dependiendo del área, utilizar cera para pisos de acuerdo al uso y tipo de piso (*opcional*).
  9. Al finalizar el proceso, los residuos sólidos recolectados deben ser llevados al centro de acopio indicado por la universidad.

### **2.2.3.2 PASILLOS**

1. Efectuar la limpieza de paredes según el punto 2.1.2
2. Efectuar la limpieza de pisos según el punto 2.1.3.1
3. Desocupar los puntos ecológicos de residuos, en caso de suciedad mínima las canecas deben limpiarse con paño con desinfectante por dentro y por fuera, dejar secar antes de colocar la bolsa (siguiendo la clasificación de color establecido).
4. El lavado de las canecas debe realizarse dos veces al mes con una solución de detergente, refregar con un cepillo de fregado para retirar material adherido, enjuagar con abundante agua hasta asegurar la evacuación del líquido jabonoso. Desinfectar por dentro y por fuera con una solución del desinfectante en turno de acuerdo a la rotación de desinfectantes establecido (Ver Cuadro 2). Dejar secar los recipientes boca abajo.

### **2.2.3.3 ESCALERAS**

1. Se debe iniciar desde el piso superior hasta terminar en el piso inferior. Retirar obstáculos e inmobiliario.
2. Barrer con una escoba cubierta con una funda de microfibra para disminuir la dispersión de polvo, empleando movimientos horizontales de derecha a izquierda o viceversa, conservando una relación de 90°C entre la posición de la escoba y el piso.
3. El trapeado debe realizarse siguiendo los pasos contemplados en el punto 2.1.3.1 numeral 5 al 7.
4. Limpiar los pasamanos metálicos utilizando un producto multiusos y luego para desinfectar, usar el producto respectivo de acuerdo a la tabla de rotación de desinfectantes establecido (Ver Cuadro 2).
5. En caso de persistir manchas, estas deben limpiar de acuerdo al tipo de piso.
6. Efectuar la limpieza de las paredes según el punto 2.2.2

### **2.2.4 LIMPIEZA DE PUERTAS**

1. Preparar la solución multiusos en un balde y otro balde con agua limpia para enjuagar.

2. Con un paño húmedo del producto limpiador dividido en cuadros para facilitar la limpieza, lavar primero marco superior y luego los laterales. Ir desdoblado el paño para utilizar cada cara a medida que se va ensuciando.
3. Enjuagar el paño con agua limpiar y volver a repasar por la puerta, en el mismo orden utilizado para aplicar el producto limpiador.
4. Empezar siempre por la parte superior de la puerta hasta alcanzar la inferior.
5. Lavar, desinfectar y secar los paños utilizados.
6. Para retirar las manchas puede usarse un producto lustramuebles.

### **2.2.5 LIMPIEZA DE SUPERFICIES (SILLAS, MUEBLES, MESAS)**

1. Sacudir con un trapo la superficie para eliminar el polvo, siguiendo un patrón de arriba hacia abajo.
2. Con un paño húmedo de solución limpiadora multiusos repasar la superficie haciendo énfasis en eliminar las manchas presentes; dependiendo del tipo de mancha y superficie (madera, metal, vidrio) emplear un producto desmanchador adecuado.
3. Retirar la humedad residual pasando un paño seco con el fin de evitar el daño y/o deterioro de la superficie.
4. Asegurarse de colocar los muebles en su posición inicial.

### **2.2.6 LIMPIEZA DE EQUIPOS**

1. Evitar desplazar el equipo. Realizar el proceso de limpieza con el equipo apagado.
2. Utilizando un paño seco se retirará el polvo de la superficie, no se aplicará ningún producto para evitar el daño del equipo.

### **2.1.1 LIMPIEZA DEL POLVO Y PAPELERAS**

1. Para retirar el polvo de superficies se debe empezar de la parte más alta hacia abajo, siguiendo un patrón horizontal de izquierda a derecha que permitan botar el polvo al suelo. La técnica a utilizar es de arrastre.
2. Retirar y eliminar los residuos de productos, polvo o suciedad que estén sobre la superficie que se está limpiando. Posteriormente, emplear dos baldes, uno con solución limpiadora multiusos (diluir de acuerdo a las instrucciones del producto) y otra con agua limpia para enjuagar.
3. Humedecer un paño con la solución limpiadora, e ir doblándolo a medida que se realiza la actividad para evitar la propagación de polvo y microorganismos.
4. El paño debe ser enjuagado para retirar la suciedad y la solución multiusos, pero se recomienda cambiarlo cuando se cambie de área o superficie.
5. Los residuos recolectados de las canecas deben ser depositados en las diferentes bolsas de color considerando el tipo de residuo.

### 2.1.2 LIMPIEZA DE LABORATORIOS

1. Todo material de laboratorio debe ser retirado de los mesones y superficies a limpiar para evitar accidentes de ruptura de material o derrame de sustancias. En caso de ocurrir algún tipo de situación descrita con anterioridad se debe dar aviso al encargado del laboratorio.
2. Para la limpieza inicial de los mesones y superficies horizontales debe usarse un paño de color blanco que esté húmedo con una solución de limpiador multiuso, debe emplearse la técnica de arrastre.
3. Retirar la solución multiusos con un paño humedecido con agua limpia.
4. Con otro paño limpio pasar sobre la superficie una solución desinfectante de acuerdo a la rotación establecida (Ver Cuadro 2), teniendo en cuenta que la concentración para área crítica.
5. Los equipos deben limpiarse en seco, no agregar producto limpiador.
6. Realizar recolección de los residuos dispuestos en las canecas del laboratorio, de acuerdo al color de la bolsa, los cuales deberán ser dispuestos en el lugar de acopio establecido por la universidad.
7. Lavar, desinfectar (concentración de áreas críticas) y dejar secar las canecas de recolección de residuos. Colocar una bolsa limpia de acuerdo a la clasificación por color de los residuos.
8. Realizar el barrido con escoba sin funda de microfibra.
9. Seguir las indicaciones de trapeado de los puntos 4 al 7 de la sección 2.2.31.1.
10. La concentración del desinfectante a utilizar es de área crítica de laboratorio.
11. Recoger los implementos de aseo y seguir las normas del laboratorio establecidas por la universidad.

### Referencias bibliográficas

- Carchi, M.C., y Serrano, D.P.S. (2016). Análisis de la efectividad del amonio cuaternario y ácido peracético frente a coliformes totales y *Escherichia coli* en superficies inertes del área de empaques al vacío de la planta de embutidos Piggis (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25988/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Diomedi, A., Chacón, E., Hervé, B., Jemenao, I., Medel, M., Quintanilla, M., Riedel, G.,... y Cifuentes, M. (2017). Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología. *Revista Chilena de Infectología*, 34(2), 156-174. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v34n2/art10.pdf>
- Secretaría Distrital de Salud. (2011). Limpieza y desinfección de equipos y superficies ambientales en instituciones prestadoras de servicios de salud. Recuperado de <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20IIIH/Limpieza%20y%20Desinfecci%C3%B3n%20de%20Equipos%20y%20Superficies.pdf>