



**UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE EDUCACIÓN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Decreto Ejecutivo 575 del 21 de julio de 2004
Acreditada mediante Resolución N°15 del 31 de octubre de 2012**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**MAESTRÍA EN SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD
INDUSTRIAL**

**Trabajo presentado como requisito para optar al
grado de Magister en Salud Ocupacional y Seguridad
Industrial**

**Caracterización e Identificación de Microorganismos
Presentes en Aires Acondicionados de la Corporación
Universitaria del Meta sede Centro (Villavicencio)**

Javier Felipe Noreña Forero

Priscila Jiménez Áviles

Panamá, diciembre de 2020

Dedicatoria

A NUESTRO SEÑOR, que me ha permitido mostrarme el camino y guiarme con su palabra para poder alcanzar mis metas académicas y profesionales, ha sido una lucha constante y siempre has estado a mi lado Señor, en las buenas y en las malas.

A LINA, mi compañera de vida, tu hiciste parte de este logro que nos propusimos cuando nuestra hija venía en camino, tuvimos una idea y una meta, y lo hemos logrado, culminaste tu maestría con mención y yo culmine la mía. Tú me impulsaste a ser cada vez mejor y esto es gracias a ti.

A María Victoria y José Javier, mis hijos. A ustedes les dedico este logro porque son el impulso de cada día para ser mejor hombre y profesional, junto a ustedes disfrutaremos de más logros que vendrán y darles un bienestar.

A Irma y Gustavo, mis padres, ejemplo de enseñanza y profesionalismo, a ustedes les dedico este logro porque siempre me enseñaron a superar las metas y afrontar las adversidades y me dieron siempre su apoyo en todo lo que necesité.

Agradecimientos

Agradezco a “mi Dios” por el conocimiento recibido, por culminar este proceso satisfactoriamente, por llenarme de alegrías y a mi familia, siempre te agradeceré Señor por lo brindado, especialmente por nuestra salud.

Agradezco a mi compañera de vida “Lina” por su ayuda y conocimiento, por los sacrificios que hicimos en este tiempo y la lucha que afrontamos para poder seguir adelante. Mi agradecimiento eterno.

Agradezco a mis hijos “María Victoria y José Javier” porque son la motivación más grande que tengo para poder salir adelante y se sacrificaron el tiempo que teníamos de esparcimiento para poder culminar con esta meta. Los llevo cada día en mi corazón.

Agradezco a mi mamá “Irma” por su aporte profesional en la ejecución de esta investigación, gracias a su metodología y guía me permitió salir adelante en los resultados obtenidos. Mil gracias madre por enseñarme cada día más.

Agradezco a La Doctora Leonor Mojica Sánchez “Rectora” de la Corporación Universitaria del Meta – UNMETA, a su familia y a su grupo de trabajo, por el apoyo dado durante el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a nuestra gran amiga “Blanquita” por permitirnos utilizar su conocimiento y laboratorio para determinar los resultados de esta investigación, sin ella no hubiese sido fácil de culminar esta meta.

Índice General

Resumen.....	11
Abstract	12
Introducción	13
Capítulo I: Marco Introdutorio.....	15
1.1. Antecedentes del Problema.....	15
1.1.1. Primer Antecedente.....	15
1.1.2. Segundo Antecedente.....	16
1.1.3. Tercer Antecedente	19
1.1.4. Cuarto Antecedente.....	23
1.2. Justificación.....	27
1.3. Planteamiento del Problema.....	29
1.4. Formulación de la Pregunta.....	31
1.5. Preguntas de Investigación.....	31
1.6. Objetivo General	32
1.7. Objetivos Específicos.....	32
1.8. Propósito.....	32
Capítulo II: Marco Teórico Referencial.....	33
2.1. Marco Institucional	33
2.1.1. Antecedentes de la institución.....	33
2.1.2. Visión	35
2.1.3. Misión	35
2.2. Bases Teóricas, Conceptuales y legales	35
2.2.1. Microorganismos Presentes en los Equipos de Aire Acondicionado....	36
2.3. Variables (cuadro de variables, definiciones teóricas y operacionales)	63
2.4. Operacionalización de las Variables. (ver cuadro.).....	64
2.5. Hipótesis.....	65
Capítulo III: Marco Metodológico	65
3.1. Tipo de Estudio	65

3.2. Diseño de Estudio	66
3.3. Población.....	66
3.4. Muestra.....	66
3.5. Criterios de Inclusión.	66
3.6. Criterios de Exclusión.	66
3.7. Fases de la investigación.....	67
3.8. Procedimiento para Recolección de Datos.....	69
3.8.1. Método de Recolección de Datos.....	69
3.8.2. Técnica de recolección de datos.....	75
3.8.3. Diseño y Descripción del Instrumento.....	81
3.8.4. Validez del Instrumento de Investigación.....	82
3.8.5. Procedimiento de Recolección de Datos.....	82
3.8.6. Aspectos éticos de la investigación.....	87
3.9. Proceso de Presentación de los Datos	88
Capítulo IV Análisis Estadísticos	89
4.1. Conteo de Colonias para Hongos y Bacterias	89
4.2. Identificación Microscópica y Macroscópica de Microorganismos	92
4.2.1. Identificación de Hongos	92
4.2.2. Identificación de Bacterias	97
Capítulo V Análisis Estadísticos.....	101
4.3. Graficas.	101
4.3.1. Hongos	101
4.3.2. Bacterias.....	103
Cronograma.....	105
Presupuesto	106
Conclusiones	108
Recomendaciones.....	110
Propuesta.....	112
5.1. Denominación de la Propuesta.....	112
5.2. Descripción de la Propuesta.....	112
5.3. Fundamentación	112

5.4. Objetivos de la Propuesta.....	113
5.4.1. Objetivo General	113
5.4.2. Objetivos Específicos.....	114
5.5. Beneficiarios	114
5.6. Productos.....	115
5.7. Localización.....	116
5.8. Método	117
5.8.1. Planear.....	117
5.8.2. Hacer o Implementar.....	118
5.8.3. Verificar	119
5.8.4. Actuar.....	120
5.9. Cronograma.....	120
5.10. Recursos.....	121
5.11. Presupuesto	122
Referencias Bibliográficas	124
Anexos	127
Anexo A. Herramienta de Recolección de Datos para Hongos	127
Anexo B. Herramienta de Recolección de Datos para Bacterias	127
Anexo C. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.	128

Índice Tablas

TABLA 1. Hongos más comunes en el ambiente.....	39
TABLA 2. Características químicas y composición de dos medios de cultivo utilizados para el aislamiento de hongos en el ambiente.	41
TABLA 3. Asociaciones de hongos que generan una reacción inmunológica cruzada mediada por IgE	53
TABLA 4. Operacionalización de las Variables.....	64
TABLA 5. Cuadro de actividades y fases de la investigación, ciclo PHVA.	67
TABLA 6. Flujograma del Procedimiento de Muestreo.....	86
TABLA 7. Conteo de Colonias de Hongos por Punto de Muestreo	89
Tabla 8. Conteo de Colonias de Bacterias por Punto de Muestreo	90
TABLA 9. Géneros de hongos encontrados	92
TABLA 10. Descripción Microscópica y Macroscópica de <i>Aspergillus</i> sp.	92
TABLA 11. Descripción Microscópica y Macroscópica de <i>Cladosporium</i> sp.	93
Tabla 12. Descripción Microscópica y Macroscópica de <i>Alternaria</i> sp.....	95
TABLA 13. Genero de Bacterias encontradas	97
Tabla 14.Descripción Microscópica y Macroscópica de <i>Klepsiella</i>	97
Tabla 15. Descripción Microscópica y Macroscópica de <i>Estafilococos</i>	99
Tabla 16. Descripción Microscópica y Macroscópica de <i>Serratia</i>	100
TABLA 17. Cronograma de Actividades Principales del Proyecto.....	105
TABLA 18. Presupuesto del estudio.....	106
Tabla 19. Tabla Cronograma de la Propuesta	120
Tabla 20. Presupuesto de la Propuesta.....	122

Índice De Figuras

Figura 1. Escudo UNIMETA	33
Figura 2. Ubicación.....	34
Figura 3. Colonia de Aspergillus verde y negra.....	42
Figura 4. Aspergillus Sp. desde el microscopio.....	43
Figura 5. Colonia de Penicillium sp.....	43
Figura 6. Penicillium sp. al microscopio.....	44
Figura 7. Cultivo de Rhizopus sp.....	45
Figura 8. Rhizopus sp. visto al microscopio	46
Figura 9. Colonias de Cladosporium.....	47
Figura 10. Colonia de Curvalaria.....	48
Figura 11. Curvalaria al microscopio.....	48
Figura 12. Colonias de Fusarium sp.....	49
Figura 13. Fusarium sp. al microscopio.....	50
Figura 14. Cultivo de Staphylococcus Aureus.....	57
Figura 15. Tinción Gram Estafilococos Aureus.....	57
Figura 16. Colonias de Micrococcus en Cultivo.....	58
Figura 17. Bacilos Gram Positivos en cultivo y al microscopio.....	59
Figura 18. Colonia en cultivos de Estreptococos y al Microscopio.....	59
Figura 19. Cultivo de Clostridium Perfringens y al Microscopio.....	60
Figura 20. Cultivo de Pseudomonas Gram Negativas y al Microscopio.....	61
Figura 21. Cultivo de Enterobacter Cloacae.....	61
Figura 22- Enterobacterias al Microscopio.....	62
Figura 23. Punto de muestreo 1.....	70
Figura 24. Punto de muestreo 2.....	70
Figura 25. Punto de muestreo 3.....	71
Figura 26. Punto de muestreo 4.....	71
Figura 27. Punto de muestreo 5.....	72
Figura 28. Punto de muestreo 6.....	72
Figura 29. Punto de Muestreo 7.....	73
Figura 30. Punto de Muestreo 8.....	73
Figura 31. Punto de Muestreo 9.....	74
Figura 32. Punto de Muestreo 10.....	74
Figura 33. Medios de Transporte antes del Muestreo.....	75
Figura 34. Rotulación de Muestras.....	76
Figura 35. Medios incubados y puestos a temperatura Ambiente.....	77
Figura 36. Caja con Colonias para recuento e identificación.....	78
Figura 37. Identificación de Conidias de Aspergillus. en lactofenol	79
Figura 38. Caja con Colonias bacterianas.....	79
Figura 39. Panel de identificación BBL Crystal.....	80
Figura 40. Equipo y Programa de identificación BBL Crystal.....	81
Figura 41. Colonias de hongos Aspergillus sp.....	93
Figura 42. conidióforos y conidios en cadena de Cadosporium SP.....	94

Figura 43. Vista Microscópica de Conidióforos y conidios de Cladosporium sp.....	94
Figura 44. Colonias con diferentes apariencias macroscópicas del género Cladosporium sp.	95
Figura 45. Información general (taxonomía)	96
Figura 46. Colonias de hongos Alternaria sp.	96
Figura 47. Klepsiella al microscopio	98
Figura 48. Colonias de Klepsiella	98
Figura 49. Estafilococo al microscopio.....	99
Figura 50. Colonias de Estafilococos.....	99
Figura 51. Imagen de Gram negativo al microscopio	100
Figura 52. cultivo de Serratia	100
Figura 53. Sede Centro UNIMETA	116

Índice De Anexos

Anexo 1. Herramienta de Recolección de Datos para Hongos	127
Anexo 2. Herramienta de Recolección de Datos para Bacterias.....	127
Anexo 3.Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.....	128
Anexo 4. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.....	129
Anexo 5. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.....	130

Resumen

La presente investigación fue realizada por Javier Felipe Noreña Forero, estudiante de Maestría en Salud Ocupacional y Seguridad Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Salud. La investigación se ejecutó en la ciudad de Villavicencio, Colombia, en el año 2020 y se denomina “Caracterización e Identificación de Microorganismos Presentes en Aires Acondicionados de la Corporación Universitaria del Meta sede Centro (Villavicencio)”, tiene como objeto determinar la posible exposición y presencia de microorganismos presentes en los equipos de aire acondicionado de la sede Centro de (UNIMETA.) La población objeto fue de 10 equipos, ubicados en las instalaciones de la sede. la información y los datos fueron recolectados por muestreo mediante el método de sedimentación, determinando así la presencia de microorganismos mesófilos, mohos y levaduras por recuento, capaces de crecer en un medio de cultivo sólido formando colonias. Las muestras se tomaron en diez puntos seleccionados de la sede, teniendo en cuenta la eficacia del mantenimiento preventivo, la vida útil del equipo y riesgos potenciales sobre la salud de los funcionarios. Se realiza la incubación con los medios de cultivo por 5 días y después se efectúan los recuentos de colonias, de acuerdo al Manual de procedimientos del Laboratorio microbiológico del INVIMA de Colombia. Cuando se obtienen las colonias se reconocen e identifican los microorganismos más relevantes, relacionados con afectaciones a la salud humana, todo esto con el fin de diseñar de un programa de mitigación de calidad del aire, para esta institución universitaria y del personal que labora en la misma como medida de prevención y control de posibles enfermedades.

Palabras clave: calidad del aire, microorganismos patógenos, aires acondicionados, seguridad y salud en el trabajo

Abstract

This research was carried out by Javier Felipe Noreña Forero, a Master's degree student in Occupational Health and Industrial Safety, at the Faculty of Health Sciences. The investigation was carried out in the city of Villavicencio, Colombia, in 2020 and is called "Characterization and Identification of Microorganisms Present in Air Conditioners of the University Corporación Universitaria del Meta Center headquarters (Villavicencio)" Its purpose is to determine the possible exposure and presence of microorganisms present in the air conditioning equipment of the of the headquarters Center (UNIMETA.) The target population was 10 teams, located in the headquarters facilities. The information and data were collected by sampling using the sedimentation method, thus determining the presence of mesophilic microorganisms, molds and yeasts by counting, capable of growing in a solid culture medium forming colonies. The samples were taken in ten selected points of the headquarters, taking into account the effectiveness of preventive maintenance, the useful life of the equipment and potential risks to the health of the employees. Incubation is carried out with the culture media for 5 days and then the colony counts are carried out, according to the Procedures Manual of the Microbiological Laboratory of INVIMA of Colombia. When the colonies are obtained, the most relevant microorganisms, related to human health effects, are recognized and identified, all this in order to design an air quality mitigation program, for this university institution and the personnel that work in the same as a measure of prevention and control of possible diseases.

Key words: air quality, pathogenic microorganisms, air conditioners, occupational health and safety

Introducción

El presente estudio se basa en la línea de investigación de UMECIT en salud, seguridad ocupacional y prevención, enfocado en el bienestar y la calidad de vida del hombre y su salud ambiental. Se encamina en la determinación de la posible exposición y presencia de microorganismos presentes en los equipos de aire acondicionado de la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta (Unimeta), en Villavicencio, Colombia y tiene como objeto la caracterización e identificación de patógenos presentes en estos equipos, que puedan generar algún riesgo en la salud de los colaboradores de este centro educativo.

La calidad del aire que emiten los equipos de aire acondicionado puede estar influenciada por la presencia de partículas suspendidas en el aire como son: polvo, polen, bacterias, hongos y virus. En este trabajo se identificaron los agentes patógenos que pueden causar con mayor frecuencia problemas respiratorios y alergias en los colaboradores del área administrativa de la Corporación Universitaria del Meta (Unimeta), al estar expuestos por más de 5 horas a ambientes climatizados con ventilación mecánica artificial. Estos microorganismos relacionados son hongos y bacterias, cuya proliferación depende de la presencia de sustancias orgánicas, condiciones microclimáticas tales como temperatura, humedad relativa, escasa ventilación, microbiota del equipo o microbiota del aire y número de personas presentes en el área, incluso también asociados a factores como mantenimiento y desinfección del equipo, tiempo y tipo de materiales utilizados en la construcción de las instalaciones. La forma en que se evaluó la calidad microbiológica del aire emitido por los equipos de aire acondicionado, involucró el recuento de mesófilos, hongos y levaduras como parámetro importante para establecer la posible relación entre la presencia de microorganismos patógenos y afectaciones respiratorias. El recuento de unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias se realizó mediante la captación de aire emitido en la salida del equipo y la identificación de los microorganismos a través de cultivo en el laboratorio. Además, se establecieron algunas recomendaciones de

carácter general para mantener las condiciones físicas y ambientales y así asegurar condiciones óptimas de seguridad y salud en el trabajo al interior de la institución. El problema de la presencia de agentes biológicos en el aire interno se ha abordado en diversas directrices: la relativa a la salud, normas nacionales de calidad del aire y normas profesionales según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO, 2007)

Capítulo I: Marco Introdutorio

1.1. Antecedentes del Problema

1.1.1. Primer Antecedente

Título de la publicación.

Gómez, R. J. (2014). Diagnóstico de la Calidad del Aire en una Empresa del Sector Público para Disminuir las Enfermedades de Trabajo.

Actualmente la contaminación del aire en las áreas de trabajo, es vital para las empresas, debido a las actividades productivas causan modificaciones en el medio ambiente, lo cual puede provocar efectos en la salud de los trabajadores. Las condiciones y el medio ambiente de la labor, influyen sobre la salud física y mental de las personas de una forma directa o indirectamente, y depende de la capacidad de adaptación y de resistencia a factores de riesgo de cada individuo. La presente investigación tiene como objetivo diagnosticar la calidad del aire en instalaciones de una empresa del sector público, con la finalidad de identificar los contaminantes que existen en las oficinas para poder tener condiciones seguras y saludables en las áreas de trabajo. El resultado de esta investigación aplicada fue: provocaron en los empleados daños en su salud como: cataratas, conjuntivitis, neumoconiosis, rinitis, afección pulmonar, etc., lo cual impactó en la salud y en la economía del trabajador. (Gómez, 2014, pág. 1)

1.1.2. Segundo Antecedente

Título de la publicación.

La temperatura es uno de los factores que más influye en nuestro bienestar laboral. Sin embargo, los resultados de diferentes estudios sobre Salud en Entornos Laborales nos confirman que en muchas empresas es un aspecto poco valorado. Así, el 49% de los trabajadores considera que la temperatura en la que desarrolla su trabajo es inadecuada (demasiado frío o demasiado calor), el 81% afirma que esto repercute negativamente en su rendimiento y el 56% reivindica que la climatización es uno de los ámbitos que deben mejorar a corto plazo en su entorno de trabajo.

Según un informe publicado por el Comité Europeo para el Estudio del Resfriado, cada español sufre de media dos resfriados al año, lo que supone unos 80 millones de resfriados anuales. Los expertos observan tres picos con marcado carácter estacional en la aparición de catarros: el inicio del curso escolar en otoño, los meses centrales del invierno y los meses de verano, en los que se da el 20% de los resfriados anuales.

Los cambios bruscos de temperatura de 10 a 15 grados a los que nos exponemos durante los meses de más calor al pasar desde la calle al interior de los lugares de trabajo o establecimientos refrigerados, junto a una mala utilización de esos aparatos -regulándolos a una temperatura demasiado baja- provoca en el organismo humano una reacción adversa que se manifiesta la mayoría de las veces como trastornos de tipo respiratorio, con síntomas parecidos a los de un catarro pero cuyo origen no es infeccioso. Asimismo, también se puede asociar contracturas musculares e incluso a parálisis facial.

Respecto a la patología infecciosa o alérgica relacionada con el aire acondicionado, como resfriados, faringitis, rinitis, brotes asmáticos, tos, neumonías, fiebre o trastornos gastrointestinales, que son cada vez más habituales en verano, se puede producir, no por el uso del aparato sino por la falta de renovación del aire que se produce en una estancia totalmente cerrada. Esta es la misma situación que se da en invierno con la calefacción, cuando también se cierran puertas y ventanas para mantener la temperatura, lo que impide que se renueve el aire que se respira, y propicia los contagios con más facilidad.

Aunque el Real Decreto 485/1997 encargado de regular las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo-, marca una temperatura de entre 17 y 27 °C para trabajos realizados en oficina, y de entre 14 y 25 °C, en locales en los que se realizan trabajos ligeros y que el INSHT también nos recomienda que, dado que en invierno llevamos ropa más abrigada, la temperatura debería mantenerse entre 17 y 24°C y en verano, que solemos vestir ropa más ligera, entre 23 y 27 °C, nunca llueve a gusto de todos.

El problema del aire acondicionado radica en que es imposible poner de acuerdo a todos los trabajadores sobre su utilización, generando un conflicto de “clima organizacional”, que llega a provocar problemas de salud y de convivencia que conviene gestionar adecuadamente. Mientras los calurosos reclaman que se programe a una temperatura baja, los frioleros o no quieren que se encienda o, de hacerse, que se regule a 25 o 26 grados, y es que ciertos factores individuales, como el sexo femenino, la diabetes, la disfunción tiroidea, la ingesta de ciertos medicamentos, el sobrepeso, las alergias, etc., pueden influir en la capacidad de adaptación a los cambios de temperatura.

El aire acondicionado no es malo en sí mismo, al contrario, supone un agradable respiro frente a los agobios del calor y hace la vida más confortable. Cualquier sistema de aire acondicionado de calidad que esté bien instalado y mantenido está lo suficiente perfeccionado como para no causar ningún tipo de enfermedad.

Lo que es desaconsejable es una mala utilización de ese frío artificial. Bajar en extremo el termostato de los aparatos trae consigo que se esparza un aire helado que reseca el ambiente bajando excesivamente la humedad. Cuando eso se produce, las mucosas de las vías aéreas superiores se ven afectadas por ese resecamiento y debilitan su capacidad de respuesta defensiva. También cuando no se respetan las instrucciones de mantenimiento y limpieza indicadas por el fabricante, los aparatos se ensucian y actúan como un ventilador que esparce por el ambiente bacterias y hongos responsables de infecciones (*Legionella*, *Aspergillus*, ...) y otros procesos respiratorios.

Las mucosas de la nariz se encargan de calentar y limpiar el aire que llega a los pulmones. Pero cuando los sistemas de refrigeración están programados para ofrecer una temperatura demasiado baja, las mucosas nasales no pueden hacer bien su función, lo que obliga a respirar por la boca. Eso es aún peor, porque el aire frío y contaminado llega directamente a la garganta y a los bronquios, causando amigdalitis, laringitis y bronquitis.

Entre las principales medidas preventivas que hemos de adoptar para minimizar el riesgo de estos problemas y facilitar la capacidad de adaptación del cuerpo humano a las condiciones climáticas, son entre otras, vestirnos con prendas más ligeras, seguir una adecuada hidratación, tomar

abundante fruta, seguir la norma social de no fumar y dormir las horas de sueño suficientes.

En definitiva, el uso saludable de una buena climatización reduce la incidencia de dolores de cabeza, trastornos circulatorios, mareos y el decaimiento que favorece los ambientes sofocantes. Facilita además el descanso nocturno e incluso en el automóvil podemos considerarlo como casi un dispositivo de seguridad, al mejorar la concentración y resultar un buen antídoto contra el cansancio y el sueño.

Y recuerda que, si no queremos utilizar el aire acondicionado, siempre nos queda la opción de apostar por la ventilación natural y conseguir cierto efecto de frescor abriendo las ventanas y creando corriente de aire. Esto es útil sobre todo en los casos en que, además de alta temperatura, la humedad del ambiente es elevada. Utilizar persianas y cortinas para que el sol no entre en la oficina también nos ayudará, así como vestir con ropa adecuada, fresca y ligera. Así trabajaban nuestros mayores, y nunca se quejaban. (Tarín, 2017)

1.1.3. Tercer Antecedente

Título de la publicación.

Agencia Europea Press. (2018, julio 7). El aire acondicionado podría empeorar las cosas en materia de salud pública. El Espectador.

Un estudio contribuye a comprender los efectos de la adaptación al cambio climático simulando el alcance del uso de combustibles fósiles para enfriar edificios en futuros escenarios. Sólo en Estados Unidos se podrían dar hasta mil muertes adicionales por año debido a este fenómeno.

A medida que el cambio climático continúa presionando las temperaturas del verano, el uso creciente de aire acondicionado en los edificios podría agravar los problemas de un mundo en calentamiento al degradar aún más la calidad del aire y agravar la contaminación del aire en la salud humana, según un nuevo estudio.

En un artículo publicado este martes en un número especial sobre cambio climático de la revista 'Public Library of Science (PLOS) Medicine', un equipo de investigadores de la Universidad de Wisconsin-Madison, en Estados Unidos, pronostica hasta mil muertes adicionales por año en el este de Estados Unidos solo debido a los niveles elevados de contaminación del aire impulsados por el mayor uso de combustibles fósiles para enfriar los edificios donde los humanos viven y trabajan.

Lo que descubrimos es que la contaminación del aire empeorará, explica el autor principal del nuevo informe, David Abel, estudiante graduado de UW-Madison en el Centro para la Sustentabilidad y el Medio Ambiente del Instituto Nelson de Estudios Ambientales. "Hay consecuencias para adaptarse al futuro cambio climático".

El análisis combina proyecciones de cinco modelos diferentes para pronosticar un mayor uso de energía durante el verano en un mundo más cálido y cómo eso afectaría al consumo de energía de los combustibles fósiles, la calidad del aire y, en consecuencia, la salud humana en unas pocas décadas en el futuro.

En el clima caluroso del verano, y debido a que las olas de calor aumentarán en frecuencia e intensidad con el cambio climático, no hay duda de que el aire acondicionado salvará vidas, dice otro autor principal

del estudio, Jonathan Patz, profesor de UW-Madison de estudios ambientales y ciencias de la salud de la población. Sin embargo, advierte que, si el uso creciente de aire acondicionado debido al cambio climático depende de la energía derivada de los combustibles fósiles, habrá una compensación de la calidad del aire y la salud humana.

Las olas de calor aumentan y suben en intensidad. Tendremos más demanda de refrigeración que requerirá más electricidad. Pero si nuestra nación sigue dependiendo de algunas centrales eléctricas de carbón para obtener electricidad, cada vez que encendamos el aire acondicionado, ensuciaremos el aire, causando más enfermedades e incluso muertes, advierte Patz, experto en cambio climático y salud humana. (Press, Agencia Europea, 2018)

La calidad del aire, importante para la salud pública

La experta en calidad del aire Tracey Holloway, profesora de Estudios Medioambientales y Ciencias Atmosféricas y Oceánicas de UW-Madison, dice que el estudio contribuye a comprender los efectos de la adaptación al cambio climático simulando el alcance del uso de combustibles fósiles para enfriar edificios en futuros escenarios de cambio climático. Los edificios, señala, son los sumideros de energía más grandes en Estados Unidos, responsables de más del 60 por ciento de la demanda de energía en el este de Estados Unidos, el alcance geográfico del estudio. El aire acondicionado, dice ella, es un componente importante de esa demanda eléctrica.

“La calidad del aire es un gran problema para la salud pública”, explica, y señala que los aumentos en el ozono a nivel del suelo y partículas finas en el aire (subproductos de la quema de combustibles fósiles y

peligros conocidos para la salud humana) serán el resultado de consumo de energía con combustibles fósiles.

El estudio pronostica 13.000 muertes humanas adicionales anuales causadas por niveles más altos de partículas finas en el verano y 3.000 causadas por el ozono en Estados Unidos a mediados de siglo. La mayoría de esas muertes serán atribuibles a procesos naturales como la química atmosférica y las emisiones naturales, que se ven afectadas por el incremento de las temperaturas.

Sin embargo, alrededor de 1.000 de esas muertes cada año ocurrirían debido a un mayor aire acondicionado impulsado por combustible fósil. El cambio climático está aquí y vamos a tener que adaptarnos, dice Abel. Pero el aire acondicionado y la forma en que usamos la energía proporcionarán una retroalimentación que exacerbará la contaminación del aire a medida que las temperaturas continúen calentándose.

Los resultados del nuevo estudio, según el equipo de Wisconsin, subrayan la necesidad de cambiar a fuentes de energía más sostenibles, como la energía eólica y solar, y desplegar más equipos de aire acondicionado que ahorren energía. La respuesta es energía limpia afirma Abel. Eso es algo que podemos controlar que ayudará tanto al cambio climático como a la contaminación del aire en el futuro. Si no cambiamos nada, ambos van a empeorar. (Press, Agencia Europea, 2018, pág. 1)

1.1.4. Cuarto Antecedente

Título de la publicación.

Mejorar con salud. (2020, 28 de junio). 6 efectos del aire acondicionado sobre tu salud.

Aunque muchas veces nos parezca el mejor aliado para combatir las altas temperaturas del verano, el aire acondicionado puede llegar a ser perjudicial si no tenemos cuidado.

El aire acondicionado es presente en las oficinas, en los automóviles y en la mayoría de las casas cuando llega el verano. Sin embargo, hay que tener en cuenta que puede tener consecuencias negativas. Por ello, aprovechamos este artículo para repasar los efectos del aire acondicionado sobre tu salud.

Además de los típicos dolores de garganta y resfriados, el uso excesivo del aire acondicionado puede afectar a tu bienestar. Principalmente, debes saber que se transforma en perjudicial cuando produce sequedad en el ambiente. Por ello, utilizarlo de manera responsable es la única manera de disfrutar uno de los mayores aliados del verano.

A continuación, te presentamos los principales efectos negativos del aire acondicionado sobre tu salud:

Problemas respiratorios

El primero de los efectos del aire acondicionado sobre tu salud son los problemas respiratorios. Ten en cuenta que cualquier cambio drástico en la temperatura causa estragos en el sistema respiratorio.

Asimismo, los cambios que someten al cuerpo al pasar del calor extremo del exterior a una oficina o supermercado con aire acondicionado pueden causar algunos problemas reales.

Debido a la circulación del aire, también puede hacer que el cuerpo sea más vulnerable a infecciones respiratorias. También puede generar otros problemas como faringitis o infecciones de garganta.

De hecho, existen pruebas de que las personas que pasan más tiempo en entornos con aire acondicionado tienen más probabilidades de padecer síntomas que afecten la nariz y la garganta. Así, pueden desarrollar desde obstrucciones nasales a problemas más graves como la rinitis.

Infecciones virales

Un impacto dañino para la salud muy común del aire acondicionado es la adquisición de infecciones virales que son el resultado de una inmunidad débil. Debes saber que, en una habitación con aire acondicionado funcional, el aire viejo circula sin permitir que entre aire fresco.

Por lo tanto, el aire viejo fluye y puede llegar a transmitir los virus del resfriado y la gripe, así como otras bacterias, de persona a persona. Del

mismo modo, existen más posibilidades de tener una infección viral en una habitación que tiene aire acondicionado, en lugar de una que no dispone.

Deshidratación

El potencial de deshidratación es mayor en habitaciones que funcionan con aire acondicionado durante largas horas. Como el aire acondicionado absorbe demasiada humedad de la habitación y las personas descuidan el consumo de agua, provoca que se deshidraten.

Esto es posible ya que las temperaturas son bajas y el cuerpo no tiene la necesidad de beber ya que se siente demasiado frío. Además, el hecho de estar en una temperatura baja provoca que el cuerpo sienta la necesidad de moverse menos.

Dolores de cabeza

Sin ninguna duda, los dolores de cabeza son uno de los efectos secundarios más comunes de permanecer en una habitación con aire acondicionado durante mucho tiempo. Ciertamente, un mal uso del aire acondicionado puede provocar dolores de cabeza y migrañas cuando los niveles de calidad del aire interior aumentan.

Mencionado anteriormente, la posibilidad de que te deshidrate también podría provocar dolores de cabeza. Así, la deshidratación es un disparador a menudo pasado por alto para las migrañas.

Sequedad en los ojos

El aire acondicionado puede provocar sequedad en los ojos que se traduce en picazón e irritación. Ciertamente, el uso del aire acondicionado en sí no provoca sequedad en los ojos, pero tampoco favorece a aquellas personas que tengan este problema.

De hecho, hace que se empeore cuando pasan muchas horas en un espacio en el que se utiliza aire acondicionado. Así que, si tienes problemas de sequedad en los ojos, te recomendamos no utilizar el aire acondicionado con asiduidad.

Reduce la capacidad de soportar el calor

Si pasas mucho tiempo en un ambiente con aire acondicionado, entonces puedes volverte más intolerante al clima cálido. Esto es especialmente recurrente durante el verano.

Ten en cuenta que el cuerpo puede estresarse cuando haces la transición de un ambiente fresco y con aire acondicionado a otro con el calor sofocante del verano. Asimismo, un cambio repentino en la temperatura también puede tener un impacto en tu salud.

Para acabar, debes saber que los efectos del aire acondicionado sobre tu salud pueden ser perjudiciales. Por tanto, te recomendamos, en la medida posible, hacer un uso responsable y limitar tu exposición. (Dorado, 2020).

1.2. Justificación

El riesgo biológico es el factor principal que contribuye a la accidentalidad laboral y el ausentismo en la población trabajadora en Colombia. Continuamente y durante la ejecución de actividades específicas, los trabajadores se encuentran en exposición, generando un alto riesgo de contagio con cierto tipo de patógenos como virus, bacterias, hongos y parásitos. Actualmente el mundo atraviesa por una crisis en riesgo biológico por la exposición al virus de COVID-19, siendo los microorganismos agentes primordiales en la morbilidad laboral en todo el planeta. El monitoreo, seguimiento y vigilancia de la salud de los trabajadores es responsabilidad de todo empleador y la gestión de la misma recae en la persona designada para el manejo de la Seguridad y Salud en el Trabajo, se habla de un profesional cuya función sustancial radica en diseñar y ejecutar un plan de actividades de prevención y control en materia de salud laboral al interior de la organización y con miras a disminuir las afectaciones a que se ven expuestos los trabajadores en su lugar de trabajo. Esto incluso cuando la incorporación misma de la tecnología por parte de las organizaciones ha buscado mejorar las condiciones ambientales para la ejecución de las tareas, como en efecto lo es la adopción de aires acondicionados para aquellos lugares donde la temperatura ambiental es elevada.

No obstante, el uso exagerado de estos equipos, sumado a la ausencia de un mantenimiento preventivo puede traer molestias de salud a nivel respiratorio (gripa, tos, faringitis, rinitis, asma, neumonía, dolores de cabeza, alergias), además de otras afectaciones causadas por el contacto directo del aire frío como lo son contracturas musculares, problemas osteomusculares, lumbalgias, y otras dolencias. Esto sin descontar la proliferación de microorganismos patógenos, como bacterias, hongos y virus. Situaciones que sin duda impactan en el productividad laboral y alcance de metas institucionales.

Razón por la cual, se hace necesario identificar los patógenos más comunes que se encuentran en estos equipos, para así controlarlos, ya sea eliminándolos mediante procedimientos de limpieza y desinfección química, o a través de actividades preventivas y de mejoramiento de las características de estos equipos, de esta forma se logra disminuir la probabilidad de que los colaboradores de las organizaciones se vean afectados por estos microorganismos y generen problemas de salud, que conlleven al ausentismo laboral. Situación que demanda en primera instancia de la identificación de los agentes patógenos, para luego activar un plan de mitigación que permita su control.

Los aires acondicionados pueden generar afecciones leves en la salud humana, pero también ocasionar infecciones por microorganismos patógenos ubicados en estos mismos equipos dada la ausencia de mantenimiento, y su diseminación depende de su puesta en funcionamiento. Por lo cual, interrogarse por ¿Qué tipo de patógenos albergan los equipos de aire acondicionado?, ¿Cuáles son sus efectos sobre la salud humana al diseminarse por el uso del aire acondicionado? Y ¿Cómo prevenir su proliferación en ambientes laborales que han adoptado esta tecnología? Sean preguntas claves para una mejorar el rendimiento laboral y alcance de metas institucionales, así como para comprender la relación entre prevención y eficiencia en la aplicación del presupuesto SST.

Las enfermedades asociadas a microorganismos patógenos en el ámbito laboral, no solo tienen consecuencias financieras, sino también sociales, que terminan por configurar un indicador directo de la calidad del ambiente laboral y la seguridad que se le brinda al trabajador. Por tal motivo, que al realizar la caracterización de los microorganismos presentes en los aires acondicionados de la Sede Centro de la UNIMETA, se pueda establecer la correlación con los principales patógenos causantes de enfermedades e infecciones respiratorias, además de subrayar la importancia del equipo, como uno de los mecanismos de transmisión de dichos patógenos, aportando a la institución universitaria insumos de carácter técnico para la toma de decisiones en

relación a la aplicación de medidas preventivas frente al uso, limpieza y desinfección de estos equipos.

1.3. Planteamiento del Problema

A partir de la aparición de los aires acondicionados, un buen número de organizaciones empresariales, durante las décadas del año 1900 y 1910, lograron aumentar su productividad, sin embargo, con el correr de los años y el uso masivo de los mismos, estos fueron generando reportes de afectación a la salud en particular asociados a enfermedades respiratorias, alérgicas y ergonómicas.

El aire acondicionado puede ser indispensable para soportar temperaturas elevadas, pero puede derivar en faringitis, procesos bronquiales y otras enfermedades en personas vulnerables. “Los riesgos del aire acondicionado siempre van a depender de que esté bien instalado y mantenido”, expresa la Dra. Carmen Diego, neumóloga y coordinadora del área EROM, Enfermedades Respiratorias de Origen Ocupacional y Medioambiental de SEPAR, la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica.

El problema cuando un sistema de ventilación o aire acondicionado no está debidamente mantenido es que puede acumular gérmenes u otro tipo de sustancias orgánicas y eso sí puede ser nocivo para la salud, Esos gérmenes pueden causar problemas especialmente en personas vulnerables que padecen, por ejemplo, asma o EPOC, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Pero los sistemas no mantenidos adecuadamente pueden crear riesgos aún mayores.

Más del 20% de los trabajadores se quejan del aire que respiran, de dolor de cabeza o de garganta, estamos ante un síndrome del edificio enfermo. Esa gente está respirando un aire que no es de calidad y debe solicitarse una revisión de los equipos.

La calidad del aire puede ser afectada también por el deterioro de los materiales del edificio que estamos respirando. Los sistemas de aire acondicionado recogen el aire del exterior y los pasan a través de filtros y el aire que pasa por todos esos filtros tiene gérmenes, y materia orgánica e inorgánica. (BBC, 2016)

La mala ventilación, humedad y materiales utilizados en la construcción de edificios, son algunos factores favorables para que se desarrollen ciertas enfermedades en el ambiente laboral, las cuales se pueden complejizar al incorporar equipos de aire acondicionado, estos facilitan la proliferación de microorganismos patógenos como hongos, bacterias y virus, además de otro tipo de materia orgánica e inorgánica.

“El hombre permanece alrededor de un 90% de su tiempo en el interior de edificios, en muchos de los cuales la calidad del aire interior se encuentra disminuida por la acumulación de compuestos orgánicos volátiles (COVs), bacterias, hongos, etc.” (Solá, 2009). “Los hongos se encuentran íntimamente relacionados con el síndrome del edificio enfermo, ya que sus esporas son fácilmente dispersadas por el aire” (Mata, 2010). De donde se desprende que, dada la ubicación geográfica del municipio de Villavicencio y grado de humedad, pueda presentarse concentraciones de esporas y estructuras fúngicas, además de cierto tipo de bacterias mesófilas, que generan daños en la salud de la población trabajadora.

En estudios realizados dentro de universidades se han reportado diversidad de bacterias en aires interiores. Llevaron a cabo un estudio en la Universidad de Murcia, en la Facultad de Biología, donde identificaron bacterias de los géneros *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Neisseria*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium* y *Enterobacter*. Estas bacterias fueron recuperadas de salones de clase, salas de lectura, corredores, cafetería, librería, baños, recepción y áreas de oficinas. Se han reportado en salones de clase bacterias de la familia *Propionibacterineae*, *Xanthomonadaceae*, *Micrococcineae*, *Enterobacteriaceae* y *Corynebacterineae*, y los géneros *Sphingomonas*, *Caenibacterium*, *Staphylococcus*; y

en oficinas los géneros *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Flavimonas*, *Lactobacillus*, *Burkholderia*, *Bacillus* y *Bradyrhizobium*.

Muchos de los microorganismos que se alojan en los filtros de los equipos de aire acondicionado y son expulsados al ambiente, permanecen por buen tiempo en los espacios de propios de la oficina o en superficies, máxime cuando no se realiza un correcto proceso de limpieza y desinfección de las superficies, equipos y otros elementos, quedando entonces expuestos para entrar en contacto con las personas y causar riesgos en la salud, ya sea por la manipulación de objetos o por la inhalación misma de los patógenos, como producto de la práctica respiratoria. (César Alberto Romero Bohórquez, 2016)

1.4. Formulación de la Pregunta

¿Cuáles son los microorganismos patógenos más relevantes, presentes en los equipos de aire acondicionado de la sede centro de la Corporación Universitaria del Meta, que puedan generar posibles afectaciones a la salud de sus colaboradores?

1.5. Preguntas de Investigación

Las siguientes preguntas de investigación permiten un mejor abordaje de la investigación:

¿Cuáles son los patógenos más importantes que albergan los equipos de aire acondicionado, su tipología y caracterización?

¿Cuáles son los posibles efectos sobre la salud humana que se presentan por la exposición al aire y microorganismos emitidos por los equipos de aire acondicionado?

¿Mediante qué herramienta o actividad de prevención se podría mitigar la proliferación de estos microorganismos?

1.6. Objetivo General

Identificar los microorganismos patógenos más relevantes que están presentes en los equipos de aire acondicionado de la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta (Villavicencio) evitando su proliferación, mediante acciones preventivas y de mejora.

1.7. Objetivos Específicos.

- Caracterizar los microorganismos patógenos que se pueden encontrar en los equipos de aire acondicionado en la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta, mediante muestreo específico, cultivo y recuento de colonias presentes.
- Identificar microbiota patógena presente en los equipos de aire acondicionado de la sede Centro en la Corporación Universitaria del Meta mediante análisis en el laboratorio.
- Plantear un conjunto de medidas preventivas y de mejora con respecto al mantenimiento de los equipos de aire acondicionado y la mitigación a la exposición de posibles enfermedades causadas por estos microorganismos.

1.8. Propósito

Evaluar la condición microbiológica del aire que expiden los equipos de ventilación mecánica (aires acondicionados) de la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta y con base en los resultados formular acciones de mejora con

respecto al tema de salud y seguridad en el trabajo y así evitar posibles morbilidades que puedan causar los microorganismos patógenos que se encuentran en estos equipos.

Capítulo II: Marco Teórico Referencial

2.1. Marco Institucional

2.1.1. Antecedentes de la institución

Figura 1. Escudo UNIMETA



Fuente: <http://www.unimeta.edu.co/>

El 9 de noviembre de 1982, en el barrio El Triunfo de la ciudad de Villavicencio, se reunieron Rafael Mojica García, Nancy Leonor Espinel Riveros y Ramiro Mojica García, atendiendo la invitación del primero donde suscribieron el Acta de Constitución, guardando para sí el título de Fundadores. Al día siguiente y en presencia del Revisor Fiscal se hicieron los primeros aportes y se elevó a escritura pública la mencionada Acta, correspondiéndole el número 1809 del 10 de noviembre de la Notaría Segunda del círculo de Villavicencio.

Los estatutos redactados por Rafael Mojica García, fueron sometidos a discusión y aprobación de los Fundadores, elevados a Escritura Pública No. 401 del 28 de marzo de 1985, en la misma notaría.

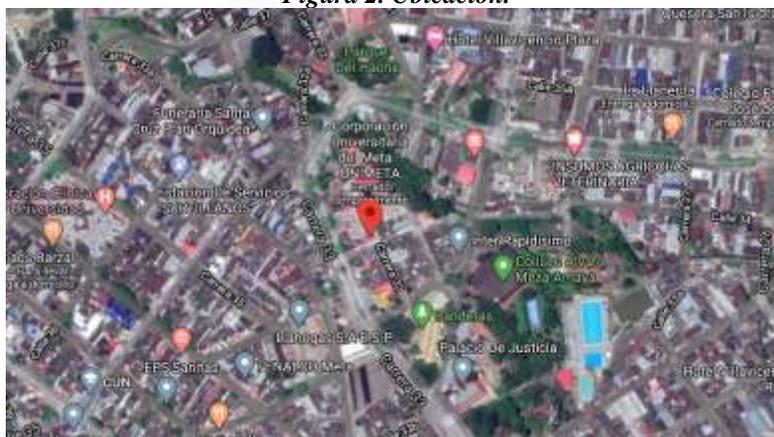
En diciembre de 1982 se hace entrega del estudio de factibilidad para la creación de la Corporación Universitaria del Meta ante el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior Icfes, exigiendo una adición al estudio que se entregó el 11 de abril de 1983. Aprobado los estudios por el Icfes, el Ministerio de Educación Nacional expidió la Personería Jurídica No. 12.249 del 5 de agosto de 1985. Esta Resolución se publica en el Diario Oficial el 16 de septiembre de 1985, finalizando así las formalidades de la fundación.

La Corporación Universitaria del Meta-UNIMETA, está situada en el centro de Villavicencio, cercana al parque de los estudiantes y el parque de banderas, entre las carreras 32 y 33, en el barrio San Fernando. (UNIMETA, 2020)

Ubicación de la institución universitaria (UNIMETA)

Al norte limita con el Parque del Hacha, al sur con el Palacio de Justicia, al oriente con la zona comercial de Villavicencio y al occidente con la Clínica Primavera.

Figura 2. Ubicación.



Fuente: Google Maps.

2.1.2. Visión

“Formamos integralmente personas competentes, fundamentadas en criterios socio-humanísticos, comprometidos con la responsabilidad social y la consolidación del desarrollo sostenible de la región.” (UNIMETA, 2020)

2.1.3. Misión

“Formamos integralmente personas competentes, fundamentadas en criterios socio-humanísticos, comprometidos con la responsabilidad social y la consolidación del desarrollo sostenible de la región.” (UNIMETA, 2020)

2.2. Bases Teóricas, Conceptuales y legales

Según la Organización Mundial de la salud (2011) “El aire introducido y extraído de un lugar de trabajo se deberá filtrar mediante la utilización de filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), especialmente para la salida del mismo” (OMS, 2011). Un filtro HEPA, es un filtro de partículas en sistemas purificadores de aire. Atrapan más del 99,97% de partículas de hasta 0,3 micrómetros de las salidas de ventilación y limpian el aire de polvo, ácaros, polen, esporas, gérmenes y otras sustancias. El filtro es lavable y se instala en la línea de retorno del aire.

“Las unidades de aire acondicionado deben ser supervisadas para minimizar las posibilidades de crecimiento y proliferación de hongos potencialmente patógenos” (Kelkar U, 2005). “Los ductos de aire acondicionado facilitan el crecimiento microbiano debido a factores como temperatura, humedad relativa y velocidad de aire convirtiendo el ambiente interior en una fuente de exposición para las personas que trabajan allí, sobre todo cuando los microorganismos o subproductos se liberan en el aire como bioaerosoles” (STETZENBACH, 1998).

“Entre los agentes microbianos más destacados, aislados en los ambientes de trabajo, están principalmente los hongos y las bacterias. Los hongos que pueden causar infecciones asociadas a la salud incluyen *Aspergillus spp*, miembros del orden mucorales y mohos *moniliaceos*.” (Kelkar U, 2005). “los más comunes son *Penicillium spp*, *Cladosporium spp*, *Alternaria spp*, *Aspergillus spp* y *Eurotium sp*.” (Carazo Fernández L, 2012) “En el estudio de (Taneja N, 2011), se aisló *Aspegillus spp*, *Rhizopus spp*, *Fusarium spp* y *Penicillum spp*.” “Por otra parte, los estudios de (Awosika S, 2012) además de lograr la identificación de *Candida albicans*, sugieren que el hongo aislado más frecuentemente es *Penicillium spp*.” “Dentro de las bacterias implicadas se han encontrado Gram positivas (56%) y Gram negativas (44%) que se componen principalmente de *cocos* y *Bacillus*” (Li A, 2012). “Según (Taneja N, 2011) la más frecuente es *Pseudomonas aeruginosa*,” “mientras que (Awosika S, 2012) refieren que la bacteria predominante es *Staphylococcus aureus*.”

(Haleem Khan AA, 2012) reportaron “diversas patologías fúngicas causadas por algunos de los entes anteriormente nombrados siendo las más comunes: alergias, asma y trastornos irritativos.”

2.2.1. Microorganismos Presentes en los Equipos de Aire Acondicionado

En los ambientes de trabajo que se requiere la utilización de ventilación artificial y específicamente en lugares de trabajo donde no circula un flujo de aire continuo, se brindarán las condiciones adecuadas para la proliferación de microorganismos, gracias a la humedad, la carencia de ventilación natural, la falta de mantenimiento preventivo y la desinfección continua de los equipos mecánicos de ventilación, factores que inciden directamente para que estos microorganismos sean transportados en el aire que expiden los aires acondicionados, específicamente hongos y bacterias, que pueden ser inhalados y generar diferentes patologías que afectan la salud de los trabajadores.

2.2.1.1. Hongos

“Los hongos se dividen en dos grupos: las levaduras y mohos microscópicos conocidos como microhongos, y los macrohongos, ya que producen esporas macroscópicas apreciables a simple vista. Los hongos colonizan sustratos formando redes (*micelio*) o *filamentos* (*hifas*). Los hongos filamentosos producen numerosas esporas que se dispersan por el aire a partir de estructuras microscópicas y de estructuras grandes” (Clavache, 2012)

“La mayoría de los hongos son *pluricelulares* o *filamentosos* y se caracterizan por estar constituidos por filamentos ramificados o *hifas* que se desarrollan y entrelazan formando el *micelio*. Existe un *micelio* vegetativo adosado a la superficie del sustrato (suelo, plantas, alimentos) y un micelio aéreo o reproductor, donde se forman las esporas asexuales y sexuales” (Clavache, 2012)

“Las esporas fúngicas son componentes normales de ambientes externos. Actualmente, se conoce que el aire presente en los ambientes exteriores puede ser la fuente de esporas fúngicas contaminantes de los ambientes internos. A su vez, muchos de estos últimos pueden servir como sitios de amplificación para el crecimiento de los hongos. Así, cuando se presenta una alta humedad, las esporas pueden germinar y el hongo puede crecer produciendo miles de nuevas esporas que utilizan la materia orgánica de esos sitios” (Clavache, 2012)

Las esporas identificadas en este estudio, están enmarcadas dentro de la división *deuteromycota* (hongos imperfectos), que reúne un elevado número de hongos de importancia económica y sanitaria y que no se reproducen sexualmente.

“La mayoría de los hongos presentes en los ambientes internos son saprófitos, porque ellos obtienen lo que necesitan para su metabolismo de materiales muertos, materia orgánica o sustratos como madera, papel, pintura, suelo, polvo, piel y

alimentos. No hay un cierto nivel de los hongos ambientales que puede ser considerado como seguro. Esto depende de la concentración fúngica en los ambientes externos y de los tipos de esporas presentes en el ambiente interno.” (Clavache, 2012)

“Los hongos filamentosos y levaduras son en su mayoría saprófitos, hallándose libres en la naturaleza, especialmente en la materia orgánica en descomposición. Algunas especies de hongos pueden producir durante su desarrollo sustancias tóxicas micotoxinas como, por ejemplo, las aflatoxinas producidas por *Aspergillus flavus*, que es un hongo filamentoso. Por otra parte, algunos hongos son difásicos, es decir, unas veces se comportan como hongos filamentosos y otras pueden comportarse como levaduras.” (Clavache, 2012)

“Las condiciones necesarias para que un hongo crezca en una superficie son: existencia de esporas, base nutriente, humedad y temperatura entre 4°C y 38°C.” (Clavache, 2012)

2.2.1.2. Especies Comunes en el Aire

De acuerdo con (Clavache, 2012) manifiesta:

Las especies de hongos más comunes que se encuentran en aire interior están reflejadas en la Tabla 1, a partir de los resultados obtenidos en dos estudios diferentes publicados en *Biocontaminants in Indoor Environment*. Los hongos más comunes existentes en el polvo de origen doméstico pueden fácilmente pasar al aire; y si se dan las condiciones adecuadas para su desarrollo en cuanto a temperatura y humedad relativa, también pueden acantonarse en cualquier tipo de material como alfombras, moquetas, empapelado de una pared, etc. Y crecer desmesuradamente, proyectando al ambiente un número elevado de esporas con el consiguiente riesgo para la salud.

Las esporas de los hongos se encuentran presentes en cualquier superficie o medio que le brinde las condiciones óptimas de reproducción y proliferación. La humedad presente en los sistemas de ventilación mecánica son un ambiente propicio para el alojamiento de estos microorganismos. A continuación, se indica los percentiles de los hongos más comunes en el ambiente:

TABLA 1. Hongos más comunes en el ambiente.

Especies de hongos	Porcentaje
<i>Cladosporium spp.</i>	
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	>80%
<i>Cladosporium herbarum</i>	
<i>Penicillium spp</i>	80%
<i>Levaduras rosas y blancas</i>	>79%
<i>Botrytis cinérea</i>	>50%
<i>Aspergillus spp. Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger, Aspergillus ochroaceus,</i>	37%
<i>A. oryzae, Aspergillus versicolor, Aspergillus glaucus</i>	
<i>Paecilomyces variotii</i>	< 20%
<i>Stachybotrys atra</i>	< 20%
<i>Phoma spp.</i>	< 20%
<i>Aureobasidium pullulans</i>	20 – 30%
<i>Alternaria alternata</i>	< 20%
<i>Epicoccum purpurascens</i>	20 – 30%
<i>Geotrichum candidum</i>	20 – 30%
<i>Ulocladium spp., Ulocladium chartarum,</i>	20 – 30%
<i>Ulocladium consortiale</i>	
<i>Trichoderma viride</i>	< 20%
<i>Trichoderma harzianum</i>	< 20%
<i>Mucor spp.</i>	< 20%

Fuente: Health y Welfare, 1987 by Flannigan, et al, 1993

Según (Meléndez, 2019):

En el aire de ambientes externos, las esporas fúngicas son componentes normales, sin embargo, suelen estar presentes en ambientes de interiores unidas a células fúngicas y bacterianas en forma de

bioaerosoles; estas partículas ingresan al interior de las edificaciones a través de sistemas de ventilación y aire acondicionado, puertas, ventanas y junto con otros contaminantes, por lo que la medición de su concentración total es comúnmente utilizada como variable para determinar la exposición a estos microorganismos. 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/m³.

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.

Para cuantificarlos e identificarlos es necesario emplear un medio de cultivo, 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; 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.

TABLA 2. Características químicas y composición de dos medios de cultivo utilizados para el aislamiento de hongos en el ambiente.

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

Fuente: Laboratorio Merck Millipore, 2019

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.*; sin embargo, se ha hecho cada más común hallar *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizopus sp.*, y *Acremonium sp.* A continuación, se describen de forma general algunas características macroscópicas y microscópicas estos hongos filamentosos, anteriormente mencionados:

Aspergillus. (Meléndez, 2019) 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.

Las colonias tienden a presentar un crecimiento rápido entre 3 a 5 días, al principio, pueden verse blancas, algodonosas, pero cuando están maduras se ven granuladas, aterciopeladas o pulverulentas con presencia

de surcos en algunas especies. Presentan diferentes colores en las estructuras aéreas (micelio y conidióforos) como verde, oliva, pardo, amarillo, blanco, gris y negro dependiendo de la especie, mientras que el reverso del agar puede ser café, rojo oscuro, rosado, blanco, amarillo o incoloro.

Figura 3. Colonia de *Aspergillus verde y negra*



Fuente: El Autor.

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. 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. Las formas más comunes que puede adoptar los conidióforos son globosa, radiada, columnar o claviforme.

Figura 4. *Aspergillus Sp.* desde el microscopio



Fuente: El Autor.

Penicillium. (Meléndez, 2019) 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.

Figura 5. Colonia de *Penicillium sp.*



Fuente: <https://www.ecured.cu/Penicillium>

Microscópicamente, presenta hifas hialinas tabicadas con conidióforos con forma de pincel, esta estructura se extiende de un 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. 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.

Figura 6. Penicillium sp. al microscopio



Fuente: <https://www.tecnicoagricola.es/penicillium-digitatum-moho-verde-y-penicillium-italicum-moho-azul/>

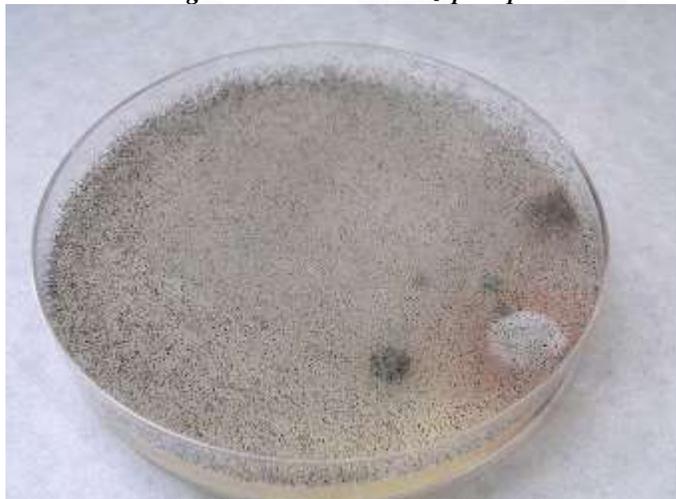
Como fitopatógeno es reconocido en el área agrícola por la producción de enfermedades en diferentes cultivos de frutas y vegetales, mientras que puede ser considerado un riesgo para la salud humana debido a que produce micotoxinas con variadas estructuras químicas y biológicas que afectan órganos importantes como riñón, hígado y sistema nervioso.

Rhizopus. (Meléndez, 2019) 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. 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. Existen tres vías de infección: la inhalación de sus esporas, inoculación directa por trauma de la piel o ingesta de alimentos contaminados.

Suele presentar un micelio vegetativo bien desarrollado que le permite formar colonias algodonosas en la superficie de los sustratos donde crece. Al inicio son colonias con micelio aéreo blanco que van cambiando a un tono grisáceo sin bordes definidos, otras especies pueden presentar color negro pardo.

Figura 7. Cultivo de Rhizopus sp.



Fuente: http://www.biolveg.uma.es/atlas_fotografico/Practicas_Botanica/Hongos/index.html

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. 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. La forma de las esporangiosporas puede ser de diferentes formas: alargadas, ovaladas y redondas, de tamaño variable.

Figura 8. Rhizopus sp. visto al microscopio



Fuente: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182012000100017

Cladosporium. (Meléndez, 2019) 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. 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.

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, en otras especies, los conidióforos pueden ser marrón pálido o amarillentos, y sus conidios pueden ser cilíndricos con extremos redondeados, *eclipsoidales* o subesféricos. 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. Las esporas que puede formar este hongo pueden medir entre 4 a 20 μm y suelen presentar melanina, lo que las hace resistentes a condiciones medio ambientales adversas.

Figura 9. Colonias de Cladosporium.



Fuente: <https://www.ecured.cu/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 oscuro hasta tonalidades marrones.

Curvularia. (Meléndez, 2019) Género de hongo filamentoso comúnmente presente en suelo y vegetales, que difumina a través de esporas aéreas. En el hombre puede producir onicomycosis, micematomas subcutáneos y generar abscesos en diferentes órganos como hígado, cerebro, pulmón y tejido corneal.

Figura 10. Colonia de Curvalaria.



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Cultivo-agar-Sabouraud-dextrosa-Colonias-negro-vellosas-Curvalaria-spp_fig3_306276861

Macroscópicamente, se caracteriza por sus colonias algodonosas o vellosas de color gris oliva, marrón a negro. 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 (centrales más oscuros o grueso que los demás, dependiendo de la especie) y con colores entre pardo pálido, marrón rojizo a oscuro.

Figura 11. Curvalaria al microscopio.

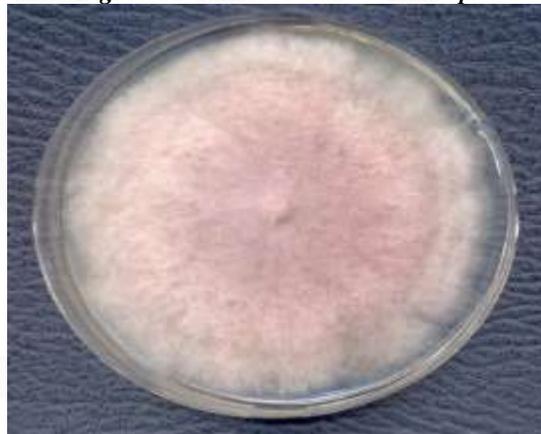


Fuente: <https://www.pinterest.se/pin/445926800598028766/>

Fusarium. (Meléndez, 2019) 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.

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. Pueden presentar también mesoconidios, que son similares, pero de menor tamaño que los macroconidios y nunca forman estructuras mucoides. Por último, pueden observarse las clamidosporas características con doble pared gruesa, lisa o rugosa; de manera aislada, en pareja o en grupo.

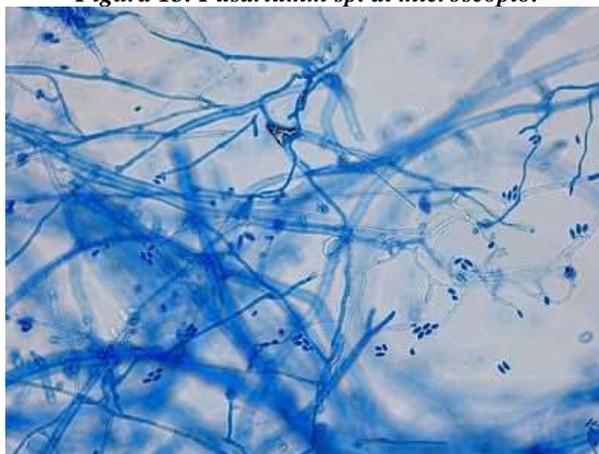
Figura 12. Colonias de *Fusarium sp.*



Fuente: <http://bioimagen.bioucm.es/foto/3819>

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 marrones, rojo, púrpura oscuro o incoloro.

Figura 13. *Fusariumm sp. al microscopio.*



Fuente: <https://co.pinterest.com/pin/763712049284346905/>

2.2.1.3. Efectos de los Hongos en la Salud.

“Los hongos a través de sus esporas, micotoxinas y por la emisión de VOC (compuestos volátiles orgánicos), pueden causar diferentes tipos de enfermedades o alteraciones de la salud” (Clavache, 2012).

- “Enfermedad infecciosa o patogénica: *Aspergillosis* (por exposición a *Aspergillus fumigatus*), *Histoplasmosis* (por *Histoplasma spp.*), *Criptococosis* (por *Cryptococcus spp.*) y *Coccidiomicosis* (por *Coccidioides spp.*)
- Reacciones alérgicas, como rinitis y asma
- Neumonitis por hipersensibilidad
- Cáncer debido a micotoxinas carcinogénicas
- Desórdenes inmunológicos por micotoxinas inmunosupresivas
- Reacciones tóxicas por micotoxinas

- Reacciones de inflamación debidas al β -1,3-glucano, compuesto de la pared celular de los hongos
- Irritación debida a VOC fúngicos como por ejemplo alcohol
- Síndrome del Edificio Enfermo” (Clavache, 2012).

(Meléndez, 2019) manifiesta que 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. 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, mientras que el primero existe para asegurar la variabilidad genética entre especies al ocurrir una mezcla de ADN entre dos parentales de diferente sexos; la segunda permite una difusión rápida en el ambiente para el mantenimiento de la especie, en este caso se producen organismos idénticos al progenitor.

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. La exposición por vía respiratoria constituye el primer paso para el desarrollo de un proceso de sensibilización al ocurrir una respuesta inmunológica tipo I y, conllevar posteriormente, a la manifestación de síntomas o la enfermedad alérgica como rinitis, rinosinusitis, asma y dermatitis atópica; se estima que la prevalencia de la sensibilización es de al menos un 3% a 10% entre la población y suele asociarse a géneros como *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*. 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 de fácil comprobación.

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. Mientras, las células vegetativas o hifas son estructuras de un tamaño entre 7 a 100 μm , su gran tamaño constituye un factor importante que determina: a) el comportamiento aerodinámico que estas partículas presentan en el aire, b) las posibles asociaciones con otros materiales suspendidos en el aire y c) la capacidad de sobrevivir a la inmunidad del huésped, 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.

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), estos alérgenos generalmente suelen ser proteínas, glucoproteínas y enzimas que hacen parte del microorganismo o que este produce. 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, ya que existe una similitud entre los epítomos fúngicos que el sistema inmune erróneamente reconoce como el mismo agente.

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; 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. Además, se encontraron 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.

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

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

Fuente: <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); 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.

2.2.1.4. Enfermedades Según el Tipo de Hongo

Aspergillus SPP. (Clavache, 2012): infecciones causadas por el hongo rara vez ocurren en personas con un sistema inmunitario normal” Existen varias formas de aspergilosis:

- Aspergilosis pulmonar de tipo broncopulmonar alérgica: es una reacción alérgica al hongo que generalmente se desarrolla en personas que ya tuvieron problemas pulmonares, como asma o fibrosis quística.
- Aspergiloma: es un tumor (bola fúngica) que se desarrolla en un área de enfermedad pulmonar o cicatrización pulmonar previas, como una tuberculosis o un absceso pulmonar.
- Aspergilosis pulmonar de tipo invasivo: es una infección grave con neumonía que se puede diseminar a otras partes del cuerpo. La infección ocurre casi exclusivamente en personas con sistemas inmunitarios debilitados debido al cáncer, SIDA, leucemia, trasplante de órganos, quimioterapia u otras afecciones o medicamentos que reducen el número de glóbulos blancos normales o debilitan el sistema inmunitario

“La incidencia de *aspergillosis* invasora por *Aspergillus spp*, se sitúa aproximadamente en el 0,7% en receptores de trasplante renal, 1,3% en páncreas, 1,7% en hígado, 6,2% cardiaco y 8,4% en el pulmonar. La mortalidad superior al 75% en los casos de enfermedad pulmonar invasora y se aproxima al 100% en los enfermos con enfermedad diseminada y afectación del sistema nervioso central”. (Clavache, 2012)

Cladosporium. (Clavache, 2012) Este es el hongo con más frecuencia en el aire, y uno de los hongos alergénicos respiratorios más importantes y se le ha implicado en casos de asma y fiebre.

Este hongo se asocia a los casos de rinitis en los que los síntomas no parecen coincidir con la cantidad de polen de gramíneas.²⁰

No es agente infeccioso importante, pero en climas cálidos, puede producir infecciones cutáneas, subcutáneas y queratitis. Estas infecciones tienen un desarrollo lento y su tratamiento incluye exéresis quirúrgica de los tejidos afectados en combinación con el empleo de antotéricina.

Penicillium spp. (Clavache, 2012): En general, las especies de *Penicillium* son de baja patogenicidad y la infección generalmente se ha visto en individuos inmunocomprometidos. Casos aislados se ha informado, sin clara supresión inmunológica. La presentación clínica de la enfermedad causada por *Penicillium* es diversa, y se sabe que causan la patología a través de la infección directa, reacción de hipersensibilidad, y la fibrosis pulmonar.

Rhizopus spp. (Clavache, 2012): Algunas especies de *Rhizopus spp.* son agentes oportunistas de zigomicosis humana. Pueden causar serias

y con frecuencia fatales infecciones en humanos y en animales debido a su rápido crecimiento a relativamente altas temperaturas. Algunas especies son patógenos vegetales. Las esporas de estos hongos no son abundantes en el aire libre, aunque su frecuencia aumenta en lugares donde hay humedad y se acumula vegetación muerta. La exposición a concentraciones elevadas de esporangiosporas de *Rhizopus spp.* Se ha descrito como causa de alveolitis alérgica extrínseca conocida como pulmón de serrador.”4728

Se hace necesario la identificación no solo morfológica sino también molecular y una forma de identificar estas especies es por medio de la técnica de ADN recombinante como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). La identificación por PCR ha sido el método de selección más utilizado por su rapidez, reproducibilidad y potencial para la identificación de hongos, así como para la de otros microorganismos.

2.2.1.5. Bacterias Gram Positivas en el Aire.

(Bohórquez, 2015): El género *Staphylococcus* comprende microorganismos que están presentes en la mucosa y en la piel de los humanos, así como de otros mamíferos y aves, incluyendo 35 especies y 17 subespecies de las cuales la mayoría se encuentran en humanos. Las especies que se asocian a enfermedades en humanos son *Staphylococcus aureus* (el más virulento y conocido del género), *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. capitis*, *S. afarensis*, *S. haemolyticus*, *S. hominis*, y *S. cohnii*.

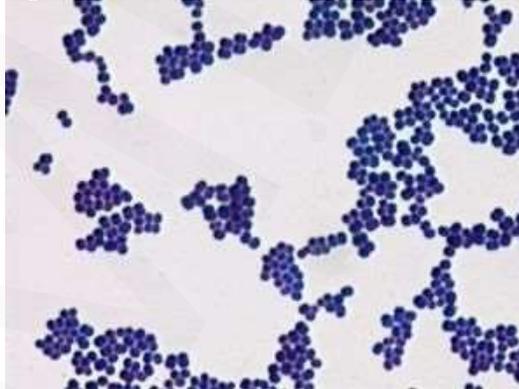
Figura 14. Cultivo de *Staphylococcus Aureus*.



Fuente: <http://microbitosblog.com/2011/08/03/staphylococcus-aureus-epidermidis-saprophyticus/>

“En la comunidad, las infecciones por género *Staphylococcus* son a menudo agudas, piogénicas y superficiales, aunque también se pueden producir con menor frecuencia, infecciones profundas como osteomielitis, neumonía, endocarditis aguda e intoxicación alimentaria. Muchas de las infecciones producidas suelen presentarse en mayor cantidad de casos en personas inmunocomprometidas.” (Bohórquez, 2015)

Figura 15. Tinción Gram *Estafilococos Aureus*.

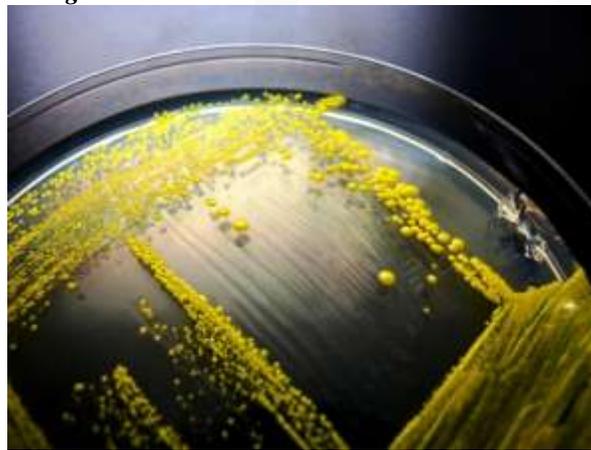


Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/64105994673592972/>

(Bohórquez, 2015) manifiesta: *Micrococcus* se asemeja morfológicamente a los estafilococos y aparece individualmente y en grupos de tamaño variable, por lo general en tétradas. Es una bacteria Gram positiva o Gram variable y aerobia estricta. Esta bacteria generalmente es

saprofítica y está presente normalmente en la microflora cutánea, productos lácteos, agua y suelo. Este género es raramente asociado con enfermedades, aunque actualmente se cataloga como patógeno oportunista, particularmente en pacientes con inmunodeficiencia, tales como enfermos con Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA). En estos pacientes, *Micrococcus* puede producir infecciones pulmonares y en raras ocasiones bacteriemia recurrente, shock séptico, endocarditis o neumonía.

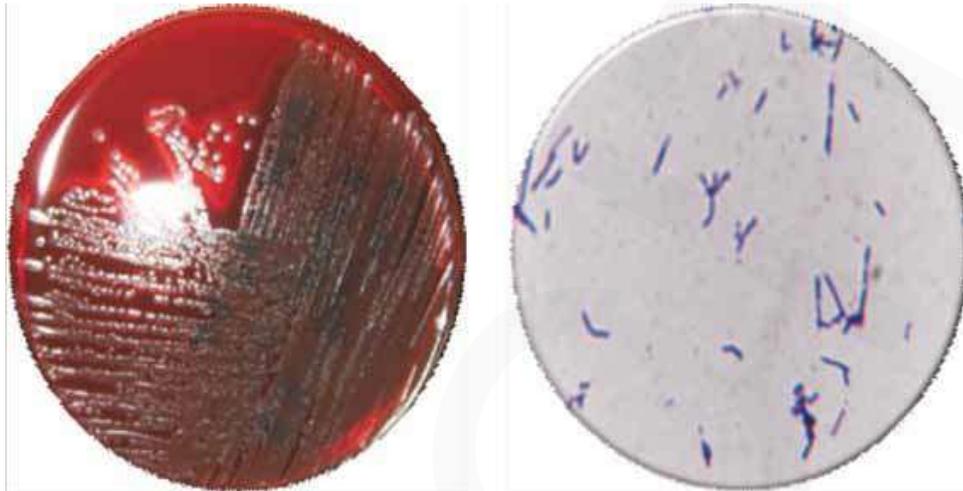
Figura 16. Colonias de *Micrococcus* en Cultivo.



Fuente: <http://bibbiologia.usal.es/imágenes/picture.php?/3154/tags/1189-bacterias>

De otra parte, para (Bohórquez, 2015): El género *Bacillus* contiene gran diversidad de bacterias formadoras de esporas incluyendo desde aerobios estrictos hasta anaerobios obligados, cocos y bacilos, tanto psicrófilos como termófilos. La mayoría de especies de este género se encuentran en mayor proporción en muestras de suelo, aire y polvo. Las especies pertenecientes a este género son bastante heterogéneas, debido a su gran diversidad metabólica, de tipo nutricional y de la composición y estructura de la pared celular. De igual manera se encuentran especies psicrófilas, mesófilas y termófilas, así como alcalófilas, neutrófilas y acidófilas. Las especies más reconocidas son *B. anthracis*, *B. cereus*, *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*.

Figura 17. Bacilos Gram Positivos en cultivo y al microscopio.



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-B-brevis-izquierda-Crecimiento-de-colonias-caracteristicas-grandes_fig2_316651571

“De la familia *Streptococcaceae*, *Leuconostoc* sp. es un coco Gram positivo anaerobio facultativo y no móvil. Las infecciones con *Leuconostoc* sp. son raras. Por lo general afectan a los pacientes con una subyacente enfermedad produciendo meningitis y neumonías.” (Bohórquez, 2015).

Figura 18. Colonia en cultivos de *Estreptococos* y al Microscopio.

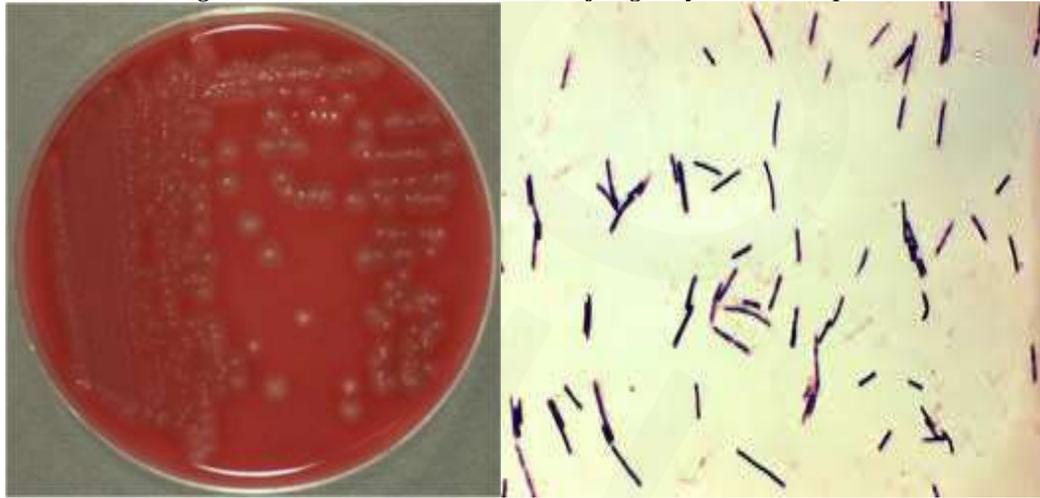


Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Agar_granada

(Bohórquez, 2015) El género *Clostridium* está formado por un grupo de bacilos Gram positivos anaerobios esporulados; distribuido en la

naturaleza, encontrándose aproximadamente 150 especies, principalmente en el suelo y en el tracto intestinal de muchas especies de animales incluido el hombre. Al tener la capacidad de producir exotoxinas potentes puede causar infecciones con cuadros tóxicos graves como la gangrena gaseosa. Entre las especies patógenas más conocidas se encuentran *Clostridium botulinum*, *C. tetani* y *C. difficile*.

Figura 19. Cultivo de Clostridium Perfringens y al Microscopio.



Fuente: <https://pixnio.com/es/ciencia/imagenes-microscopia/clostridium-perfringens-es/microfotografia-clostridium-perfringens-crecido-schaedlers-caldo-gramo-mancha>

Gemella sp. es un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, que hace parte del componente habitual del microbiota orofaríngeo, intestinal y genitourinaria, que da origen a procesos infecciosos en contadas ocasiones. Las infecciones asociadas a este patógeno son generalmente endovasculares y fundamentalmente endocarditis. Las localizaciones cutáneas no son habituales, describiéndose hasta ahora pocos episodios. (Bohórquez, 2015)

2.1.1.6. Bacteria Gram Negativas en el Aire

El género *Pseudomonas* sp. se encuentra en distintos medios como el suelo, el agua y en ocasiones en el aire, pasando a las plantas, animales y a las personas, como

bacterias oportunistas produciendo una exotoxina responsable de diarreas al ser ingerida por vía oral. (Bohórquez, 2015).

Figura 20. Cultivo de Pseudomonas Gram Negativas y al Microscopio.



Fuente: <https://docplayer.es/76548529-Ingeniera-en-biotecnologia.html>

La familia *Enterobacteriaceae* está formada por bacilos y cocobacilos gramnegativos. Estas bacterias están diseminadas en la naturaleza, encontrándolas en el agua, en la tierra, en los animales. En el hombre se localizan en las vías aéreas superiores (en pequeña proporción), en la piel (sobre todo en la región perianal), en la uretra anterior y sobre todo en el intestino; aumentando la concentración a lo largo del tubo digestivo desde el estómago al intestino grueso. (Bohórquez, 2015)

Figura 21. Cultivo de Enterobacter Cloacae.

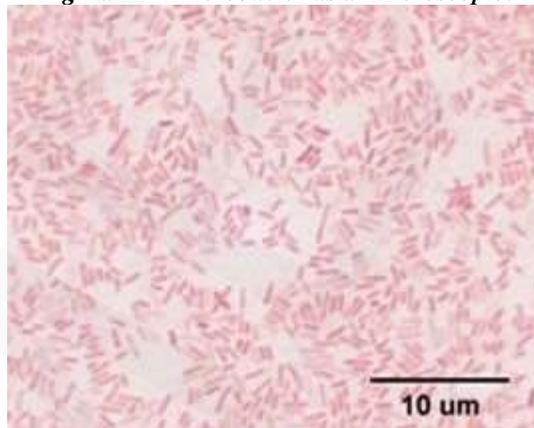


Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Enterobacter>

Con base en lo planteado por (Bohórquez, 2015): Los géneros y especies de Enterobacterias que con mayor frecuencia se aíslan son *Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella*, *Klebsiella* sp., *K. pneumoniae*, *Enterobacter*, *Serratia*, *S. fonticola*, *Citrobacter* sp., *C. freundii*, *Yersinia* sp., *Y. enterocolitica* y *Y. pestis*.

La mayoría de las Enterobacterias producen diarrea relacionada con la ingestión de agua y alimentos contaminados con materia fecal, transmitiéndose además de persona a persona por la vía ano-mano-boca. En otros casos pueden producir peritonitis, abscesos, meningitis, endocarditis y neumonías nosocomiales.

Figura 22- Enterobacterias al Microscopio.



Fuente: <https://ar.pinterest.com/pin/716002040728607395/>

Algunas de las Enterobacterias solo se mencionan en casos de zoonosis que habitualmente afectan a roedores, cerdos y aves, siendo el ser humano un huésped accidental de la infección, siendo causa relativamente infrecuente de diarrea, de adenitis mesentérica. También se han descrito casos de eritema nodoso, que en ocasiones se han presentado de forma epidémica. (Bohórquez, 2015)

Acinetobacter sp. es un cocobacilo Gram-negativo no fermentador, aerobio, que sobrevive con facilidad en superficies con polvo, colonizando con frecuencia la piel

humana. Esta bacteria es causante de infecciones nosocomiales, neumonías, meningitis e infecciones urinarias. (Bohórquez, 2015)

(Bohórquez, 2015): *Corynebacterium* es un género con numerosas especies. Algunas de ellas forman parte de la flora normal de mucosas y piel del ser humano, y excepcionalmente algunas de ellas causan enfermedad en pacientes inmunodeprimidos. La especie patógena por excelencia es *C. diphtheriae*, responsable de una grave enfermedad denominada difteria. Este microorganismo es un bacilo pleomórfico, no esporulado, en su mayoría fermentador de glucosa y catalasa positivo.

Las bacterias mediante mecanismos bioquímicos causan enfermedad y virulencia, pero no todas tienen la misma probabilidad de causar infección y subsecuentemente una enfermedad. El desarrollo de la enfermedad depende tanto del patógeno como del hospedero. De este modo los cambios en el estado de salud de una persona en un ambiente interno pueden manifestarse en diversos síntomas agudos y crónicos, así como en formas de diferentes enfermedades específicas tales como neumonías, endocarditis, meningitis y tuberculosis, como también dolor de cabeza y conjuntivitis.

2.3. Variables (cuadro de variables, definiciones teóricas y operacionales)

Se definieron seis variables en la presente investigación:

- La sede de la institución universitaria en donde se realiza la investigación: Variable dependiente.
- Cuál es el objeto de la dependencia de la institución universitaria: Variable dependiente.

- Tipología de los equipos de aire acondicionado y tiempo de funcionamiento: Variable independiente.
- Tipificación microbiológica: Variable independiente.
- Enfermedades e infecciones asociadas a la exposición: Variable dependiente.
- Limpieza y desinfección del equipo de aire acondicionado (Mantenimiento preventivo.): Variable independiente.

2.4. Operacionalización de las Variables. (ver cuadro.)

TABLA 4. Operacionalización de las Variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Edificio Sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta, UNIMETA, y Profesión.	Área funcional de la institución destinada a las actividades financieras y administrativas.	Dependencia administrativa y financiera.
Profesión	Empleo, facultad u oficio que se ejerce en la institución.	Personal administrativo y financiero del área contable, tesorería, calidad, postgrados y créditos.
Tipología de equipos de aire acondicionado y tiempo de funcionamiento.	Identificación y diferenciación entre equipos de aire acondicionado, marca, capacidad y demás características. Tiempo transcurrido en meses y años desde la adquisición del equipo de aire acondicionado por parte de la institución universitaria y la fecha de la toma de los cultivos.	Tipos de aire acondicionado y tiempo de uso en años y/o meses
Tipificación microbiológica	Microorganismos encontrados en los equipos de aire acondicionado posterior al cultivo de los mismos, para efectos de la búsqueda de microorganismos se tendrán en cuenta los microorganismos más comunes y de mayor	Nombre del microorganismo

	patogenicidad, causantes de infecciones respiratorias, alérgicas y/o bacterianas.	
Enfermedades e infecciones asociadas a la exposición	Aquella infección, alergia o enfermedad que no se había manifestado ni estaba en proceso de incubación al momento de ingreso a la institución	Enfermedades respiratorias Alergias Infecciones
Limpieza y desinfección del equipo de aire acondicionado (Mantenimiento preventivo.)	Mantenimiento, limpieza y desinfección mecánica que realiza la institución universitaria, del equipo de aire acondicionado, usando productos y métodos adecuados.	Trimestralmente, cuatro veces al año.

Fuente: El Autor.

2.5. Hipótesis

Existe una variedad y caracterización específica de microorganismos patógenos presentes en los equipos de aire acondicionado de la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta, que pueden generar cierto tipo de morbilidades en los funcionarios administrativos de la Universidad.

Capítulo III: Marco Metodológico

3.1. Tipo de Estudio

El presente es un estudio de tipo descriptivo transversal, con relación de variables.

3.2. Diseño de Estudio

Esta investigación es de tipo cuantitativo, con diseño descriptivo transversal, lo cual favorece la aproximación y análisis a las características de un fenómeno y sus componentes en una población definida, de acuerdo a una ventana de tiempo determinado.

3.3. Población

Diez (10) equipos de ventilación mecánica, aires acondicionados que se encuentran ubicados en la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta, de los cuales se exponen 13 funcionarios administrativos de la Universidad, continuamente y 30 estudiantes de posgrados, ocasionalmente.

3.4. Muestra

Se trabajará con el total de la población seleccionada. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó mediante asignación proporcional, la selección de los equipos para analizar se hará mediante muestreo por conveniencia, tomando muestras para cultivos de hongos y bacterias a cada equipo de aire acondicionado seleccionado.

3.5. Criterios de Inclusión.

Equipos de aire acondicionado instalados y seleccionados en la sede centro de la Corporación Universitaria del Meta.

3.6. Criterios de Exclusión.

Equipos de aire acondicionado instalados en las otras sedes de la Corporación Universitaria del Meta.

3.7. Fases de la investigación

Este proyecto de investigación presenta cuatro fases, a saber:

La formulación. En esta fase surge la idea de investigar el por qué la exposición a los aires acondicionados genera ciertas afectaciones a la salud. El autor manifiesta que ha presentado constantes episodios y cuadros alérgicos cuando pone en funcionamiento los equipos de aire acondicionado en su puesto de trabajo, y de allí surgió la necesidad de investigar la relación entre los microorganismos patógenos que expiden los aires acondicionados, posibles enfermedades que generan y el correcto mantenimiento preventivo que debe darse a estos equipos.

El diseño. Mediante un plan de acción diseñado en un archivo de Word, se plantearon algunas actividades a ejecutar para la implementación del proyecto de investigación, adoptando para ello el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) el cual contiene las siguientes actividades:

TABLA 5. Cuadro de actividades y fases de la investigación, ciclo PHVA.

Actividades planear	Responsable
1. Solicitar ante la Rectoría el aval para ejecutar la investigación con la población específica.	
2. Después de la aprobación crear un grupo de trabajo para ejecutar las actividades del proyecto.	
3.Revisar la literatura y material bibliográfico para la ejecución del proyecto.	
4.Selecccionar los puntos de muestreo mediante la observación, de acuerdo a la calidad de los equipos, tiempo de vida útil, flujo de trabajadores y personas.	Rectora de la UNIMETA, Bacteriólogo, el Autor.
5. Indicación para ejecutar el muestreo. Un profesional en bacteriología y microbiología prepara el procedimiento de muestreo y se genera una fecha específica para el muestreo (27 de junio de 2020.)	

Actividades del hacer	Responsables
<p>1. Preparación del medio de muestreo. El bacteriólogo prepara los medios de muestreo a emplear.</p> <p>2. Aplicar el procedimiento de toma de muestras en la población seleccionada, siguiendo las indicaciones del procedimiento diseñado por el laboratorio LABCO de la ciudad de Villavicencio, Colombia. Se seleccionan 10 equipos de aire acondicionado y cada muestra es rotulada con el número de oficina y nombre del área. Se le asigna un número a cada muestra.</p> <p>3. Posteriormente a la recolección de las muestras, se llevan al laboratorio para su cultivo mediante incubadora para bacterias y al medio ambiente para hongos.</p> <p>4. Evaluar las muestras. Cumplido el tiempo de incubación se revisan las muestras y se fotografían. Se evalúan microscópicamente y macroscópicamente, se hace el conteo de colonias, y se aíslan para su identificación.</p>	<p>Bacteriólogo, el Autor</p>
Actividades de verificar	Responsables
<p>1. Analizar los datos. El laboratorio emite los resultados, especificando el número de colonias y agentes identificados por oficina, área y equipos de aire acondicionado.</p> <p>2. Se tabula y grafica la información obtenida para comparar las áreas y equipos que presentan una mayor contaminación y probabilidad de exposición de estos agentes.</p>	<p>El Autor</p>
Actividades del actuar	Responsables
<p>1. Se formulan las acciones correctivas y de mejora para ser implementadas por la Universidad y disminuir considerablemente la exposición a agentes patógenos emitidos por los equipos de aire acondicionado, disminuyendo la probabilidad de que sus funcionarios presenten morbilidades.</p>	<p>El Autor, jefe de mantenimiento de la universidad, Rectoría.</p>

Fuente: El Autor.

La Ejecución. Esta fase corresponde al comienzo observable de la investigación y tiene lugar mediante el despliegue de una o varias estrategias de contacto con la realidad o las realidades objeto de estudio. Entre esas técnicas de contacto se encuentran: la vivencia lograda a través del trabajo de campo y la observación, entre otras alternativas. Esta fase es la aplicación de todo lo planeado, se ejecutan las actividades de muestreo, la recolección de los datos y plasmar los resultados obtenidos en la investigación.

El Cierre. El autor formula las acciones correctivas y de mejora, las recomendaciones y conclusiones, con el fin de que se implementen, en pro de mejorar la salud y seguridad de los funcionarios que puedan estar expuestos a estos aires acondicionados.

3.8. Procedimiento para Recolección de Datos

3.8.1. Método de Recolección de Datos

Selección de puntos de muestreo. Después de un proceso de observación, se seleccionaron 10 puntos de muestreo dentro de las instalaciones de la sede centro de la Corporación Universitaria del Meta, tomando en cuenta que estos espacios reciben mayor flujo de personas o cuentan con un número importante de trabajadores al día, además, presentan puntos donde los equipos de aire acondicionado ya han tenido una vida útil considerable y no han recibido el correspondiente mantenimiento preventivo. Los puntos de muestreo corresponden a:

1. Punto 1. Vicerrectorado Administrativo y Financiero (oficina 203)

Figura 23. Punto de muestreo 1.



Fuente: El Autor.

2. Punto 2. Contabilidad (oficina 209)

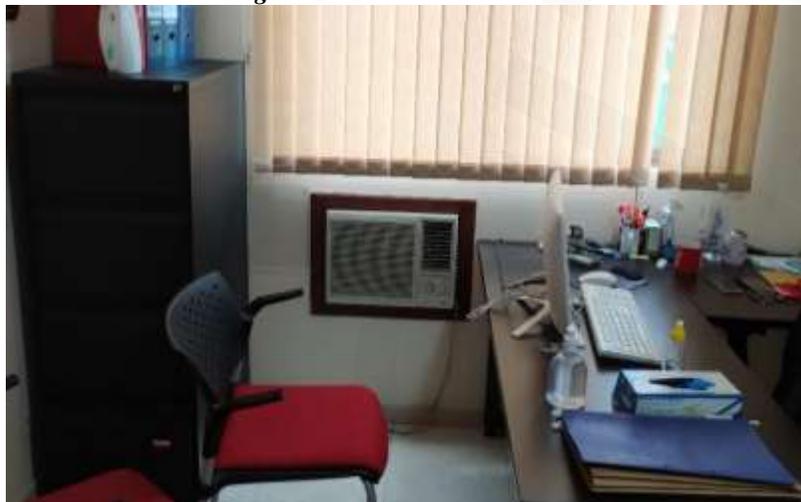
Figura 24. Punto de muestreo 2.



Fuente: El Autor.

3. Punto 3. Créditos FADES (oficina 505)

Figura 25. Punto de muestreo 3.



Fuente: El Autor.

4. Punto 4. Presidencia créditos FADES (oficina 507)

Figura 26. Punto de muestreo 4.



Fuente: El Autor.

5. Punto 5. Postgrados (oficina 406)

Figura 27. Punto de muestreo 5.



Fuente: El Autor.

6. Punto 6. Auditorio postgrados (oficina 402)

Figura 28. Punto de muestreo 6.



Fuente: El Autor.

7. Punto 7. Calidad (oficina 305)

Figura 29. Punto de Muestreo 7.



Fuente: El Autor.

8. Punto 8. Auditorio postgrados (oficina 302) aire #1

Figura 30. Punto de Muestreo 8.



Fuente: El Autor.

9. Punto 9. Auditorio postgrados (oficina 302) aire # 2

Figura 31. Punto de Muestreo 9.



Fuente: El Autor.

10. Punto 10. Tesorería (primer piso)

Figura 32. Punto de Muestreo 10.



Fuente: El Autor.

Preparación de Medios de Muestreo. El agar empleado fue Agar Sabouraud para Mohos y levaduras y Agar Plate Count para mesófilos. La preparación de los medios de cultivo se realizó según las indicaciones del laboratorio LABCO. La cantidad de 20 cajas Petri con medio se prepararon y se embalaron en bolsas ziploc y una vez alcanzada la temperatura ambiente, se conservaron en una nevera del laboratorio a una temperatura de 4°C. Los medios se transportaron refrigerados a los puntos de muestreo y al momento de utilizar las cajas de Petri, se climatizaron a temperatura ambiente para realizar el muestreo.

Figura 33. Medios de Transporte antes del Muestreo.



Fuente: El Autor.

Previo al muestreo se adoptaron las normas básicas de bioseguridad, utilizaron gorros, careta, guantes, bata, además de comprobar que las cajas de Petri con el medio no estuviesen contaminadas.

3.8.2. Técnica de recolección de datos

“El método empleado para el muestreo de la calidad microbiológica del aire emitido por los equipos de aires acondicionados fue el pasivo o gravimétrico de sedimentación de cajas de Petri, el cual permite llevar a los microorganismos presentes en el aire expedito a la superficie del medio sólido para su cultivo.” (Meléndez, 2019)

La recolección de las muestras se realizó en un día el 27 de junio de 2020, en el horario de 12 pm a 5 pm. La elección del horario se basó en la disminución del tráfico de personas y dado que es el primer día del fin de semana solo se trabaja media jornada. En cada punto, se colocó una caja de Agar de Sabouraud y una caja con Agar Plate Count, encendiendo el equipo de aire con una exposición de 15 minutos por cada caja, las cuales, fueron dispuestas a un metro de distancia, cerca de la entrada y salida de los ductos del aire evitando factores externos que pudieran afectar el muestreo o propio agar. Una vez finalizado el tiempo, cada caja se recogió, las cajas de Agar Saboreaud se sellaron en los laterales utilizando cinta de enmascarar, se rotularon con el punto de muestreo, número de caja, y fecha de recolección.

Figura 34. Rotulación de Muestras.



Fuente: El Autor.

Posterior a esto, las cajas fueron dejadas en un espacio oscuro, cerrado sin corrientes de aire para incubación con un rango de temperatura de 25 °C entre 5 a 7 días en el laboratorio LABCO. Las cajas de Agar Plate Count se rotularon con el punto de muestreo, número de caja, y fecha de recolección. Acto seguido, las cajas fueron dejadas en incubadora a una temperatura entre 35° y 37° por 48 horas.

Figura 35. Medios incubados y puestos a temperatura Ambiente.



Fuente: El Autor.

Método para el Recuento de Hongos en los Aires Acondicionados.

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.

Se realizó un conteo interno de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) por caja, para posteriormente expresar el resultado en UFC/cm² (unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado). El conteo se realiza por observación del bacteriólogo y se ingresan los datos a un cuaderno establecido por el laboratorio, para su posterior tabulación.

Límite de control para Mohos y Levaduras= **5 UFC/cm²**.

Figura 36. Caja con Colonias para recuento e identificación.

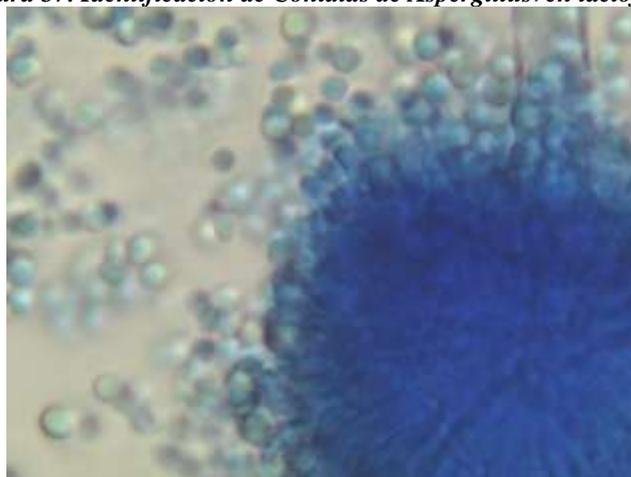


Fuente: El Autor.

Métodos para la Identificación Microscópica de Hongos.

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 para la mayoría de las muestras. La técnica consiste en recortar un trozo de cinta adhesiva de un tamaño aproximado de 1 cm², 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, observando la forma y ordenamiento característico de las esporas.

Figura 37. Identificación de Conidias de Aspergillus . en lactofenol



Fuente: El Autor.

Método para el Recuento de Bacterias en Los Aires Acondicionados.

Las muestras fueron incubadas a una temperatura de 37°C durante 48 horas, las cajas con Agar Plate Count se incubaron en equipo de incubadora. Al término de la incubación se realizó el conteo de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) por observación del bacteriólogo y se ingresan los datos a un cuaderno establecido por el laboratorio, para su posterior tabulación.

Figura 38. Caja con Colonias bacterianas.



Fuente: El Autor.

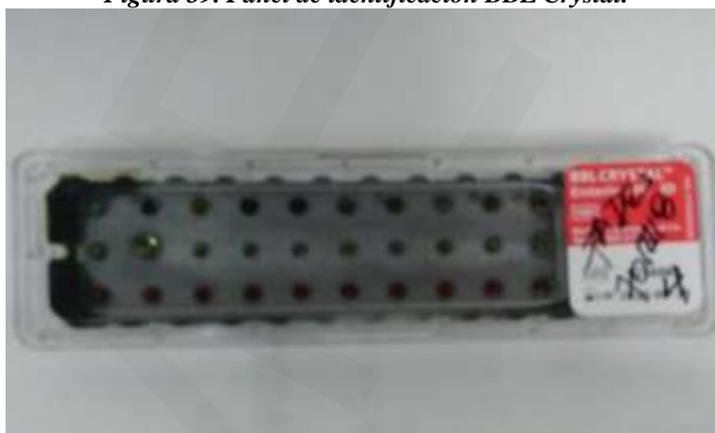
Límite de control para Mesófilos= **10 UFC/cm²**.

Según el recuento de las unidades formadoras de colonias de las muestras, se seleccionan las que presentaron más de 10 UFC para realizar la identificación de las bacterias más relevantes.

Métodos para la Identificación Microscópica de Bacterias.

Una vez realizado el conteo, se procedió al aislamiento para identificar las bacterias gram positivas y gram negativas de las muestras que presentaron más de 10 UFC. El aislamiento para bacterias gram negativas se hizo en Agar MacConkey y Agar Cromogénico por 24 horas a 37° C. De forma posterior, se seleccionaron colonias específicas para la identificación de bacterias por medio de BBL Crystal y previamente se realizó la prueba de Indol y oxidasa.

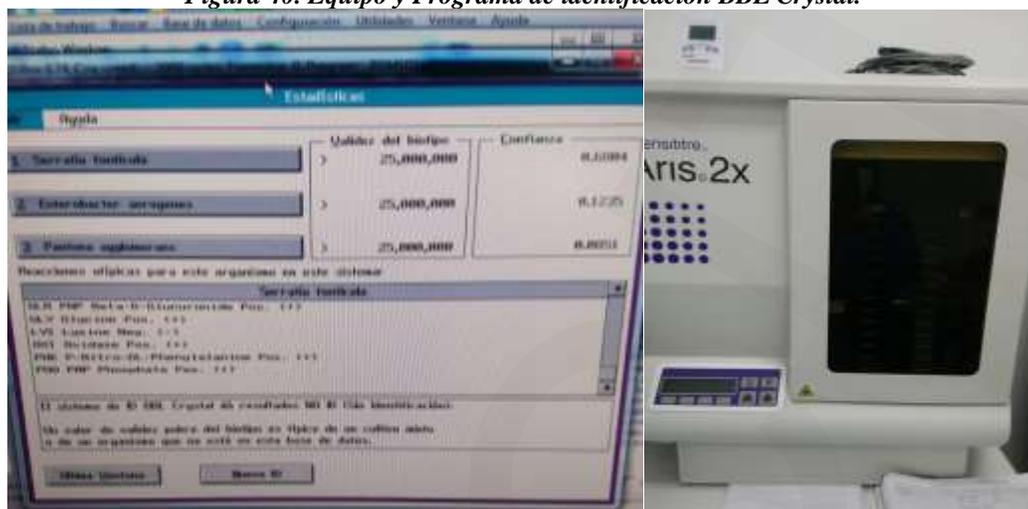
Figura 39. Panel de identificación BBL Crystal.



Fuente: El Autor.

El aislamiento para bacterias gram positivas se hizo mediante Agar Cromogénico por 24 horas a 37°C. Luego se seleccionaron colonias específicas para la identificación de bacterias por medio de BBL Crystal y previamente se hizo la prueba de catalasa.

Figura 40. Equipo y Programa de identificación BBL Crystal.



Fuente: El Autor.

De manera simultánea se realizó coloración de Gran negativos y gran positivos con Violeta de Genciana, Lugol de gran, etanol cetona, fucsina de Gran y se observó al microscopio para determinar la bacteria específica.

3.8.3. Diseño y Descripción del Instrumento

Para la recolección de los datos en la investigación, el laboratorio utilizó la técnica de la observación científica o experimental utilizando además como instrumento un libro de control y registro para el conteo de colonias, donde se registraran todos los datos que se recopilaran durante la investigación, posteriormente se registró la información en una hoja de Excel “ficha de registro de datos” diseñada, indicando el número de la muestra, nombre del área, fecha de la toma, conteo de UFC/cm² y microorganismos identificados, tanto para hongos, como para bacterias. Esta base de datos o tabulación corrobora los resultados obtenidos y permite mediante el análisis gráfico formular recomendaciones.

Para asegurar la calidad de la información obtenida, cada una de las operaciones de análisis dentro de la investigación se encuentran debidamente documentadas.

3.8.4. Validez del Instrumento de Investigación

La hoja o ficha de registro de datos se diseñó de acuerdo a las necesidades de la investigación y los datos consignados en ella reflejan el objeto del estudio y sus variables. El instrumento genera confiabilidad y validez, al evitar ítems ambiguos y reflejar la información de forma concreta y relevante.

3.8.5. Procedimiento de Recolección de Datos

El laboratorio no presentaba un procedimiento definido para la toma de muestras microbiológicas del aire expedido por los equipos de aire acondicionado, razón por la cual, el autor realizó aportes en la formulación del procedimiento para el laboratorio LABCO.

Procedimiento para la Toma de Muestras Microbiológicas del aire expedido por Equipos de Ventilación Mecánica

- 1. Objetivo.** Determinar la presencia de microorganismos mesófilos, mohos y levaduras en las áreas o sitios que se intervengan.
- 2. Alcance.** Aplica para todas las áreas, sitios de trabajo, establecimientos y empresas en donde se realice la intervención.

- 3. Contenido.** Después de realizar la limpieza y desinfección en la zona de muestreo, se debe de realizar un control para evaluar la calidad de las actividades realizadas.

Evite el acceso a las áreas durante la exposición de las placas de Petri, para evitar corrientes de aire externas que afecten la evaluación.

3.1. Principio del Método. Este método está basado en determinar por sedimentación la presencia de microorganismos mesófilos, mohos y levaduras, capaces de crecer en un medio de cultivo sólido, formando colonias.

Este procedimiento se utiliza para verificar la presencia de microorganismos patógenos que pueda transmitir el aire expirado de equipos de ventilación mecánica, y que causen enfermedades en la población expuesta. También se utiliza para verificar la efectividad del mantenimiento preventivo de los equipos, su limpieza y desinfección.

Nota: La frecuencia del análisis debe darse después de realizar el mantenimiento preventivo de los equipos.

4. Equipos, Materiales, Medios de Cultivo y Reactivos.

- Incubadora a 37° C +/-2°C
- Incubadora a 25°C +/-2°C
- Cajas de Petri estériles con medio de cultivo Plate Count.
- Cajas de Petri estériles con medio de cultivo Saboreaud.
- Cronómetro.

- Elementos de protección personal EPP, (gorro, careta, mascarilla N95 o FFP2, bata, guantes de nitrilo, polainas.)

5. Procedimiento.

5.1. Preparar los medios de cultivo, para ser transportados al lugar de muestreo.

5.2. Preparar el área y marcar las cajas de Petri, indicando área evaluada, fecha, tiempo de exposición y microorganismo a determinar.

5.3. El profesional que realicen el muestro deben de estar con todos sus EPP, ya que recibirán el aire emitido por los equipos directamente.

5.4. En cada sitio establecido se enciende el equipo e inmediatamente se abren las placas, en una mano se sostiene la placa de Plate Count y en la otra mano la placa Saboreaud, ubicándose a un metro de distancia del conducto por donde se expide el aire acondicionado. Las placas se sostienen por 15 minutos cada una.

5.5. Terminado el tiempo de exposición, tapar las cajas e incubarlas a la temperatura adecuada para cada microorganismo.

- Plate Count (Mesófilos) = $57^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ x 48 horas.
- Saboreaud (Mohos y Levaduras) = $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ x 5 a 7 días.

5.6. Límites de Control.

- Mesófilos = 10 UFC/cm².
- Mohos y Levaduras = 5 UFC/cm².

5.7. Resultados

En la ficha de recolección de datos se toman las lecturas y conteos, para después ingresar los datos en la hoja de Excel establecida por el laboratorio para emitir los resultados.

5.8. Responsables

Auxiliar de Laboratorio: Preparación de los medios de cultivo para transportarlos al área de evaluación.

Bacterióloga: Aplicar el procedimiento de toma de muestras de los equipos y reportar los resultados verificando que el procedimiento sea aplicado correctamente y los resultados sean conformes.

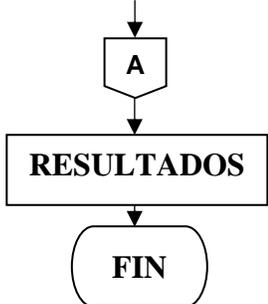
5.9. Documentos Relacionados. Ficha de recolección de datos microbiológicos.

5.10. Documentos de Referencia

- Manual de Procedimientos del laboratorio microbiológico del INVIMA, Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.

TABLA 6. *Flujograma del Procedimiento de Muestreo.*

	Flujograma	Descripción de la Actividad	Responsable
1		Los medios de cultivos se alistan y se empaacan en vinipel o bolsa ziploc, almacenándolos en nevera portátil con pilas de refrigeración para su transporte a los puntos seleccionados.	Auxiliar de laboratorio
2		Después de preparar el área y marcar las cajas de Petri, indicando área evaluada, fecha, tiempo de exposición y microorganismo a determinar.	Bacteriólogo
3		Ponerse los EPP de acuerdo a la exposición (gorro, mascarilla N95 o FPP 2, careta, bata quirúrgica, polainas.)	Bacteriólogo
4		En cada sitio establecido se enciende el equipo e inmediatamente se abren las placas, en una mano se sostiene la placa de Plate Count y en la otra mano la placa Saboreaud, ubicándose a un metro de distancia del conducto por donde se expide el aire acondicionado. Las placas se sostienen por 15 minutos cada una. Al pasar el tiempo se tapan y llevan al laboratorio.	Bacteriólogo
5		<p>Terminado el tiempo de exposición, tapan las cajas e incubarlas a la temperatura adecuada para cada microorganismo.</p> <p>Plate Count (Mesófilos) = 57°C +/-2°C x 48 horas.</p> <p>Saboreaud (Mohos y Levaduras) = 25°C +/-2°C x 5 a 7 días.</p>	Bacteriólogo
6		En la ficha de recolección de datos se toman las lecturas y conteos, para después ingresar los datos en la hoja de Excel establecida por el laboratorio para emitir los resultados.	Bacteriólogo

	Flujograma	Descripción de la Actividad	Responsable
7	 <pre> graph TD Start(()) --> A{{A}} A --> Resultados[RESULTADOS] Resultados --> Fin([FIN]) </pre>	Se emiten los resultados en el formato del laboratorio.	Bacteriólogo

Fuente: El Autor.

3.8.6. Aspectos éticos de la investigación

En el siguiente estudio de investigación se utilizarán los cuatro principios éticos:

Autonomía: El estudio se realiza con la libertad y el permiso para escoger los sitios de muestreo y se brindará la información oportuna con los resultados obtenidos a la institución universitaria.

Beneficencia: Se brindará un informe a la Corporación Universitaria del Meta con los resultados al término del estudio con miras a que apliquen las medidas correctivas y de mejora.

No maleficencia: Se evita la revelación de los resultados obtenidos sin previa autorización de la institución universitaria.

Justicia: Los equipos seleccionados y las oficinas en donde se realiza el muestreo, hacen parte de los criterios de inclusión del estudio de investigación.

3.9. Proceso de Presentación de los Datos

En el presente estudio se muestran los resultados obtenidos y el total de muestras evaluadas, en cuanto a la carga fúngica encontrada y la carga bacteriana en los equipos de que acondicionado muestrados, así como las variables que inciden en los mismos. Los resultados se encuentran expresados en unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado, según la metodología descrita en materiales y métodos utilizada para el desarrollo del presente proyecto.

Para la identificación de los hongos y bacterias en el presente estudio, se obtuvo un número total de muestras evaluadas que permitió el cálculo del porcentaje de frecuencia para cada género identificado, dependiendo los límites de control. Solo se hará identificación para hongos si cada punto muestreado presenta recuento significativo de 5 o más UFC/cm² por punto de muestreo y se hará identificación en bacterias si los puntos presentan un recuento significativo de 10 o más UFC/cm².

Los resultados fueron inmersos en el formato establecido por el laboratorio para la recolección de los datos. En este formato la bacterióloga especializada en microbiología plasmaba la información manualmente, en lo referente al recuento de colonias. El recuento de colonias lo hizo mediante observación de los cultivos e ingresaba los datos en el formato. Posteriormente al recuento de colonias la bacterióloga realiza la identificación de los microorganismos mediante un aislamiento para bacterias gran positivas y se hizo mediante Agar Cromogénico por 24 horas a 37°C. Luego se seleccionaron colonias específicas para la identificación de bacterias por medio de BBL Crystal y previamente se hizo la prueba de catalasa, todo esto mediante un kit especializado que posteriormente se ingresa a un equipo que hace la identificación, cuando se obtiene el resultado del microorganismo identificado, la bacterióloga lo transcribe en el formato establecido, luego el autor realiza la tabulación y graficado de la información para ser ingresada a este documento.

También se realizó una descripción de los géneros identificados de hongos y bacterias de forma micro y macroscópica, así como se estableció si presentaban potencial patógeno para el hombre teniendo en cuenta estudios relacionados con el tema.

Capítulo IV Análisis Estadísticos

4.1. Conteo de Colonias para Hongos y Bacterias

TABLA 7. Conteo de Colonias de Hongos por Punto de Muestreo

No. Punto de Muestreo	Lugar	Fecha	No. UFC/cm ²	Agar	Hongo presuntivo
1	Vicerrectorado Administrativo y Financiero (oficina 209)	27/06/2020	0	Sabouraud	Ninguno
2	Contabilidad (oficina 203)	27/06/2020	3	Sabouraud	Cladosporium sp.
3	Créditos FADES (oficina 505)	27/06/2020	20	Sabouraud	Aspergillus sp. Cladosporium sp. Alternaria sp.
4	Presidencia créditos FADES (oficina 507)	27/06/2020	6	Sabouraud	Aspergillus sp. Cladosporium sp.
5	Auditorio postgrados (oficina 402)	27/06/2020	14	Sabouraud	Aspergillus sp. Cladosporium sp.
6	Posgrados (oficina 406)	27/06/2020	6	Sabouraud	Aspergillus sp.
7	Calidad (oficina 305)	27/06/2020	9	Sabouraud	Aspergillus sp.
8	Auditorio posgrados (oficina 302) aire #1	27/06/2020	10	Sabouraud	Aspergillus sp.
9	Auditorio posgrados (oficina 302) aire # 2	27/06/2020	12	Sabouraud	Aspergillus sp.
10	Tesorería (primer piso)	27/06/2020	3	Sabouraud	Cladosporium sp.

Fuente: El Autor.

La tabla 7 refleja el conteo de unidades formadoras de colonia de hongos, por punto de muestreo. En color rojo se muestran las colonias que superan los valores límites expuestos en el procedimiento de toma de muestras. Claramente el punto de

muestreo de la oficina de FADES (oficina 505) correspondiente a créditos estudiantiles, es la muestra que arrojó 20 UFC/cm², presuntivamente presenciando hongos como el *Aspergillus*, *Cladosporium* y la *Alternaria*. El auditorio de posgrados (oficina 402) 14 UFC/cm², presuntivamente con *Aspergillus* y *Cladosporium*. El auditorio de posgrados (oficina 302, aire #2) arroja 12 UFC/cm², presuntivamente con *Aspergillus*. El auditorio de posgrados (oficina 302, aire #1) arroja 10 UFC/cm², presuntivamente con *Aspergillus*. La oficina de Calidad (oficina 305) arroja 9 UFC/cm², presuntivamente con *Aspergillus*. La oficina de Presidencia créditos FADES (oficina 507) arroja 6 UFC/cm², presuntivamente con *Aspergillus* y *Cladosporium* y la oficina de Posgrados (oficina 406) arroja 6 UFC/cm², presuntivamente con *Aspergillus*. Los otros puntos de muestreo arrojan números de colonias menos significativas que los valores mínimos.

Los recuentos de colonias en color rojo y que presentan un mayor número de colonias, igual o superior a 5 UFC/cm², se les hará la correspondiente identificación de hongos.

Tabla 8. Conteo de Colonias de Bacterias por Punto de Muestreo

No. Punto de Muestreo	Lugar	Fecha	No. UFC/cm ²	Agar	Bacteria presuntiva
1	Vicerrectorado Administrativo y Financiero (oficina 209)	27/06/2020	5	Plate Count	Estafilococos
2	Contabilidad (oficina 203)	27/06/2020	2	Plate Count	Micrococos
3	Créditos FADES (oficina 505)	27/06/2020	60	Plate Count	Estafilococos Micrococos Serratia
4	Presidencia créditos FADES (oficina 507)	27/06/2020	18	Plate Count	Estafilococos Micrococos
5	Auditorio posgrados (oficina 402)	27/06/2020	3	Plate Count	Micrococos
6	Postgrados (oficina 406)	27/06/2020	3	Plate Count	Micrococos

7	Calidad (oficina 305)	27/06/2020	14	Plate Count	Estafilococos Micrococos
8	Auditorio posgrados (oficina 302) aire #1	27/06/2020	6	Plate Count	Estafilococos Micrococos
9	Auditorio posgrados (oficina 302) aire # 2	27/06/2020	4	Plate Count	Micrococos
10	Tesorería (primer piso)	27/06/2020	27	Plate Count	Estafilococos Micrococos Klepsiella

Fuente: El Autor.

La tabla 8 refleja el conteo de unidades formadoras de colonia de bacterias, por punto de muestreo. En color rojo se muestran las colonias que superan los valores límites expuestos en el procedimiento de toma de muestras. Claramente el punto de muestreo de la oficina de FADES (oficina 505) correspondiente a créditos estudiantiles, es la muestra que arrojó 60 UFC/cm², presuntivamente presenciando bacterias como *Estafilococos*, *Micrococos* y *Serratia*. La oficina de Tesorería (primer piso) arroja 27 UFC/cm², presuntivamente con *Estafilococos*, *Micrococos* y *Klepsiella*. la oficina de Presidencia créditos FADES (oficina 507) arroja 18 UFC/cm², presuntivamente con *Estafilococos*, *Micrococos*. la oficina Calidad (oficina 305) arroja 14 UFC/cm², *Estafilococos*, *Micrococos*. Y el Auditorio posgrados (oficina 302) aire #1, arroja 6 UFC/cm², presuntivamente con *Micrococos*. Los otros puntos de muestreo arrojan números de colonias menos significativas que los valores mínimos.

Los recuentos de colonias en color rojo y que presentan un mayor número de colonias, igual o superior a 10 UFC/cm², se les hará la correspondiente identificación de bacterias.

4.2. Identificación Microscópica y Macroscópica de Microorganismos

4.2.1. Identificación de Hongos

En siete puntos de muestreo se realizó identificación de hongos, estos puntos de muestreo presentaron más de 5 UFC/cm². A continuación, en la tabla No. 9 se refleja la frecuencia, por género de hongo:

TABLA 9. Géneros de hongos encontrados

	Genero	Frecuencias de ambientes contaminados por géneros	%
1	<i>Aspergillus sp.</i>	6 de 10	60
2	<i>Rhizopus sp.</i>	0 de 10	0
3	<i>Cladosporium sp.</i>	5 de 10	50
4	<i>Curvalaria sp.</i>	0 de 10	0
5	<i>Penicillium sp.</i>	0 de 10	0
6	<i>Fusarium sp.</i>	0 de 10	0
7	<i>Alternaria sp.</i>	1 de 10	10
8	Sin identificar	0 de 10	0

Fuente: El Autor.

En la tabla 9 se puede observar la identificación y presencia de hongos por muestra o ambiente contaminado, entendiéndose como ambiente el punto u oficina donde se tomó la muestra. En seis puntos se identificó presencia de *Aspergillus*, en cinco ambientes o puntos se identificó *Cladosporium* y en un solo punto de identificó *Alternaria*.

TABLA 10. Descripción Microscópica y Macroscópica de *Aspergillus sp.*

Información general (taxonomía)
Reino: <i>Fungi</i>
Phylum: <i>Ascomycota</i>
Clase: <i>Eurotiomycetes</i>

Orden: *Eurotiales*
 Familia: *Aspergillaceae*
 Género: *Aspergillus*

Descripción microscópica

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 μm .

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 41. Colonias de hongos *Aspergillus* sp.



Fuente: El Autor.

Fuente: El Autor.

TABLA 11. Descripción Microscópica y Macroscópica de *Cladosporium* sp.

Información general (taxonomía)

Reino: *Fungi*
 Phylum: *Ascomycota*
 Clase: *Hypomycetes*
 Orden: *Moniliales*
 Familia: *Dematiaceae*
 Género: *Cladosporium*

Descripción microscópica

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.

Figura 42. conidióforos y conidios en cadena de Cadosporium SP.



Fuente: El Autor.

Figura 43. Vista Microscópica de Conidióforos y conidios de Cladosporium sp.



Fuente: El Autor.

Descripción macroscópica

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.

Figura 44. Colonias con diferentes apariencias macroscópicas del género Cladosporium sp.



Fuente: El Autor.

Fuente: El Autor.

Tabla 12. Descripción Microscópica y Macroscópica de Alternaria sp.

Información general (taxonomía)

Reino: *Fungi*

Orden: *Pleosporales*

Familia: *Pleosporaceae*

Género: *Alternaria*

Descripción microscópica

Se observan hifas septadas dematiáceas, conidióforos septados con pared lisa o rugosa, simples o simpodiales con varios poros de inserción y, conidios únicos o en cadenas acropétalas con forma ovoide u obclavada, septados longitudinalmente y transversalmente. El final del conidio, cerca del conidióforo es redondo, mientras que se estrecha hacia el ápice. Dicha característica les da la apariencia típica a los conidios.

Figura 45. Información general (taxonomía)



Fuente: El Autor.

Descripción macroscópica

Coloración blanca grisácea inicialmente y posteriormente se observa su superficie de color café o verde oliva oscura, el reverso de la colonia es café oscuro a negro, como resultado del depósito de pigmento *dihidroxinaftaleno-melanina*.

Figura 46. Colonias de hongos *Alternaria* sp.



Fuente: El Autor.

Fuente: El Autor.

4.2.2. Identificación de Bacterias

En cinco puntos de muestreo se realizó identificación de bacterias, estos puntos de muestreo presentaron más de 10 UFC/cm². A continuación, en la tabla No. 13 se refleja la frecuencia, por género de bacteria:

TABLA 13. Genero de Bacterias encontradas

	Genero	Frecuencias de ambientes contaminados por géneros	%
1	<i>Estafilococos</i>	6 de 10	60
2	<i>Micrococos</i>	9 de 10	90
3	<i>Pseudomonas</i>	0 de 10	0
4	<i>Serrratia</i>	1 de 10	10
5	<i>Klepsiella</i>	1 de 10	10
6	<i>Yersinia</i>	0 de 10	0

Fuente: El Autor.

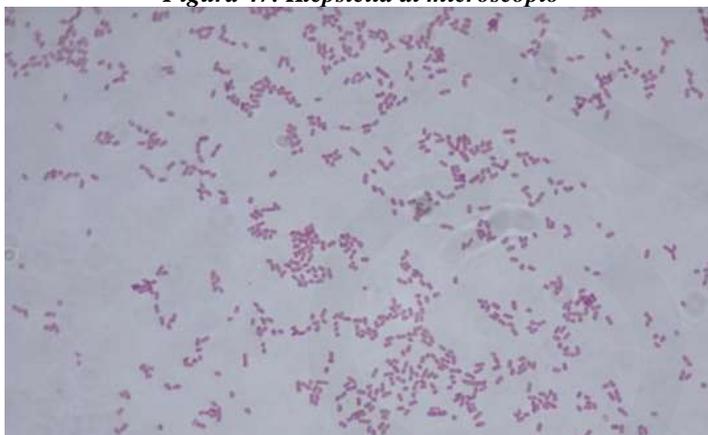
En la tabla 13 se puede observar la identificación y presencia de bacterias por muestra o ambiente contaminado, entendiéndose como ambiente el punto u oficina donde se tomó la muestra. En nueve puntos se identificó presencia de Micrococos, en seis puntos se identificó presencia de Estafilococos, en un ambiente o punto se identificó *Serrratia* y en un solo punto de identificó *Klepsiella*.

Tabla 14. Descripción Microscópica y Macroscópica de Klepsiella

Información general (taxonomía)
<p>Dominio: Bacteria Filo: <i>Proteobacteria</i> Clase: <i>Gammaproteobacteria</i> Orden: <i>Enterobacterales</i> Familia: <i>Enterobacteriaceae</i> Género: <i>Klepsiella</i></p>
Descripción microscópica

Bacterias con y sin cápsula; un tamaño entre 0.5 μm y 2.0 μm . La morfología microscópica se observa en tinciones de Gram, No forma endoesporas, no tiene flagelo, por lo que es inmóvil.

Figura 47. Klebsiella al microscopio



Fuente: http://microbitosblog.com/2015/04/20/klebsiella_medio_cultivo_infeccion_gram/

Descripción macroscópica

Colonias grandes planoconvexas, mucoides, brillantes, forma irregular, de color amarillento en *Agar Plate Count*, también se observan redondeadas, bordes ondulados.

Figura 48. Colonias de Klebsiella



Fuente: El Autor.

Fuente: El Autor.

Tabla 15. Descripción Microscópica y Macroscópica de Estafilococos

Información general (taxonomía)

Dominio: Bacteria

Filo: *Firmicutes*

Orden: *Bacillales*

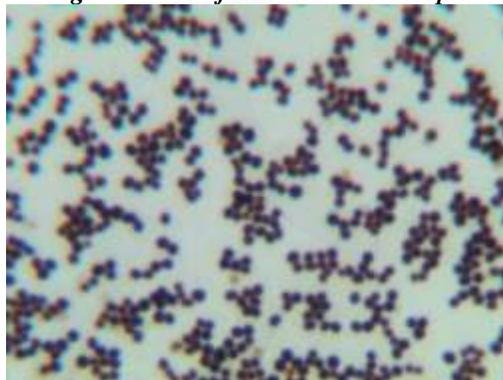
Familia: *Staphylococcaceae*

Género: *Staphylococcus*

Descripción microscópica

Se trata de cocos Gram positivos que poseen tendencia a agruparse en racimos. Tienen una forma esférica y un diámetro de alrededor de una micra.

Figura 49. Estafilococo al microscopio



Fuente: El Autor.

Descripción macroscópica

S. aureus presenta colonias de 1 a 3 mm de diámetro, lisas, levemente elevadas, de bordes enteros, levemente convexas y generalmente pigmentadas con un color que puede ir desde crema al amarillo. La producción de pigmento se ve favorecida si se incuban los cultivos por 24 a 48 horas adicionales a temperatura ambiente. Cuando crecen en agar sangre ovina se puede observar una zona de β -hemólisis alrededor de las colonias. *S. epidermidis* presenta colonias generalmente de menor tamaño y estas no presentan pigmentación.

Figura 50. Colonias de Estafilococos.



Fuente: El Autor.

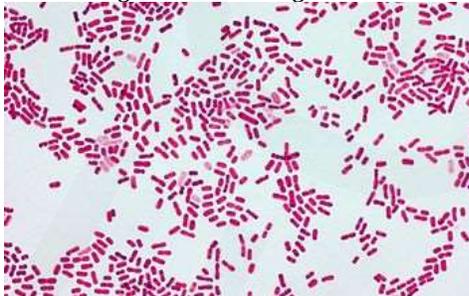
Fuente: El Autor.

Tabla 16. Descripción Microscópica y Macroscópica de *Serratia***Información general (taxonomía)**

Dominio: Bacteria
 Filo: *Proteobacteria*
 Orden: *Enterobacterales*
 Familia: *Yersiniaceae*
 Género: *Serratia*

Descripción microscópica

Es un bacilo gram negativo, anaerobio facultativo, oxidasa negativa; perteneciente a la familia *enterobacteriaceae*, que crece abundantemente en *agar chocolate*, *agar sangre*, *agar McConkey*, produce colonias que pueden ser pigmentadas, ya que genera un pigmento rojo llamado *Prodigiosina*.

Figura 51. Imagen de Gram negativo al microscopio

Fuente: <http://bioqmicro.blogspot.com/p/morfologia-bacteriana.html>.

Descripción macroscópica

La imagen muestra un aislamiento en estría de *Serratia marcescens*. Este microorganismo es una bacteria Gram negativa de la familia *Enterobacteriaceae*. La pigmentación roja de las colonias es causada por la producción de un pigmento denominado *prodigiosina*. La *prodigiosina* tiene un amplio rango de actividades biológicas incluidas actividades inmunosupresoras, antifúngicas o antimaláricas.

Figura 52. cultivo de *Serratia*

Fuente: <http://bibbiologia.usal.es/imagenes/picture.php?/1749>.

Fuente: El Autor.

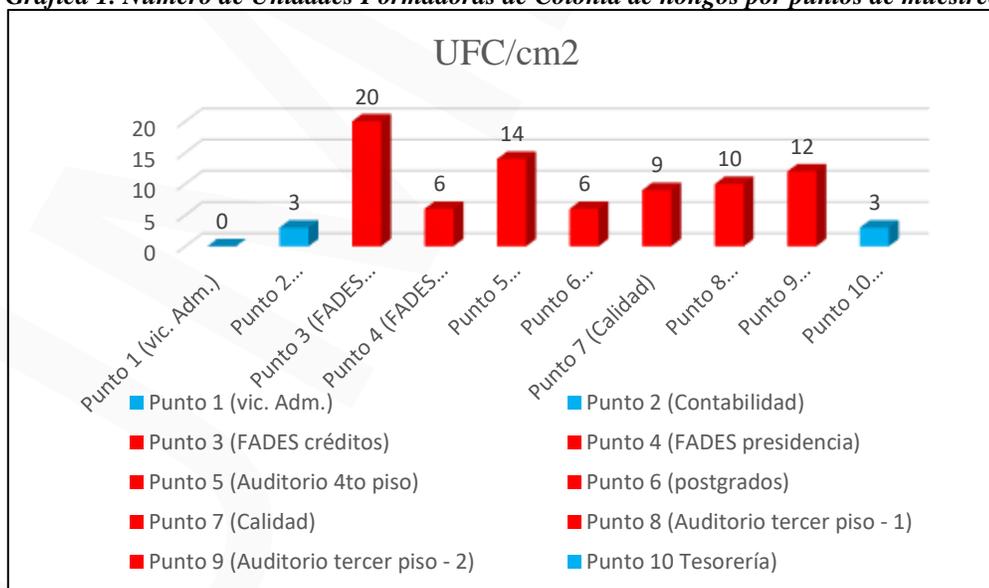
Capítulo V Análisis Estadísticos

4.3. Graficas.

4.3.1. Hongos

La cuantificación de la concentración y la cantidad de colonia de hongos y su identificación taxonómica son aspectos importantes a considerar con el fin de realizar un diagnóstico microbiológico de la calidad del aire expedido por los equipos de aire acondicionado en los interiores de la sede, sin embargo, para este estudio 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 un número igual o mayor a cinco (5) UFC/cm², con el fin de establecer el género más predominante del total aislado dentro de las instalaciones de la sede centro de la Corporación Universitaria del Meta. Se observó a nivel general que las instalaciones de la sede Centro cuentan con una pequeña diversidad de hongos, encontrándose 2 géneros en total, los cuales, son agentes considerados alérgenos en diversos estudios realizados a través del mundo.

Gráfica 1. Número de Unidades Formadoras de Colonia de hongos por puntos de muestreo.

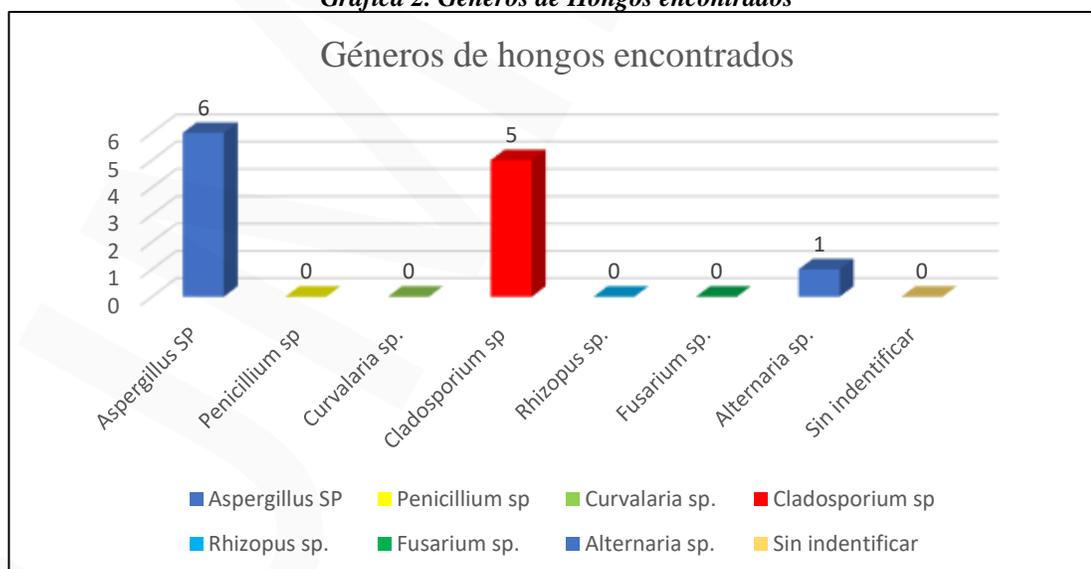


Fuente: El Autor.

En color azul se observan los puntos del Vicerrectorado Administrativo y Financiero con cero (0) UFC/cm², la oficina de Contabilidad con tres (3) UFC/cm² y la oficina de Tesorería con tres (3) UFC/cm², presentando un menor número de unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado, según el parámetro del procedimiento de 5 UFC/cm² y en color rojo se observa la oficina de créditos FADES con el mayor número de unidades formadoras de colonias, con veinte (20) UFC/cm², le sigue el Auditorio del cuarto piso con catorce (14) UFC/cm², el Auditorio # 2 del tercer piso con doce (12) UFC/cm², el Auditorio # 1 del tercer piso con diez (10) UFC/cm², la oficina de Calidad con nueve (9) UFC/cm² y con seis (6) UFC/cm², una oficina de postgrados y la oficina de Presidencia de FADES.

Se identificaron las muestras que obtuvieron un número igual o mayor a 5 UFC/cm², demostrando un valor significativo con potencial de daño o enfermedad. Los puntos para identificación de hongos fueron: la oficina de créditos FADES, el Auditorio del cuarto piso, el Auditorio # 2 del tercer piso, el Auditorio # 1 del tercer piso, la oficina de Calidad, una oficina de postgrados y la oficina de Presidencia de FADES.

Gráfica 2. Géneros de Hongos encontrados

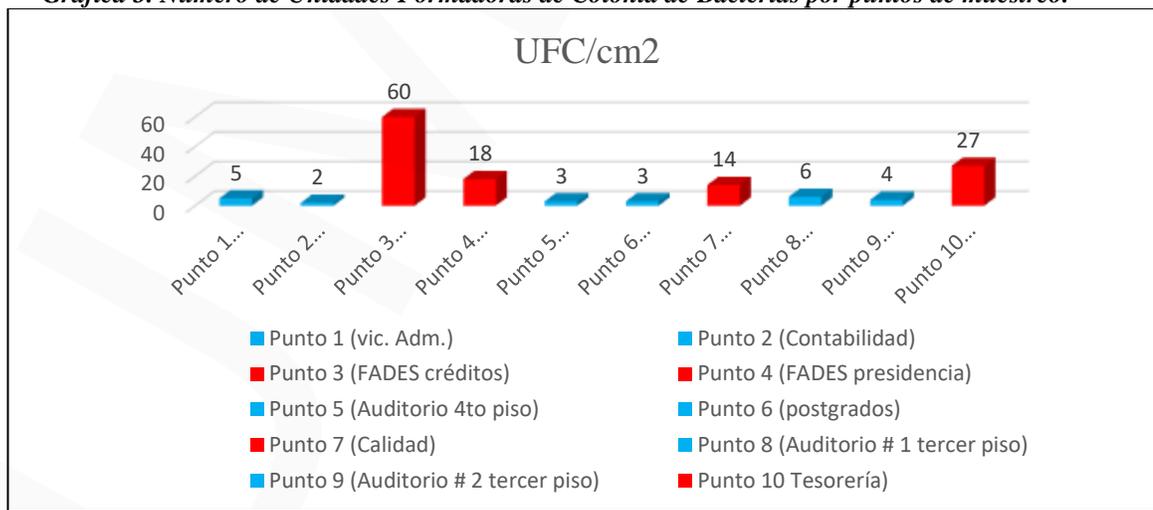


Se puede observar la identificación y presencia de hongos por género identificado. En seis puntos se identificó presencia de *Aspergillus*, en cinco ambientes o puntos se identificó *Cladosporium* y en un solo punto se identificó *Alternaria*.

4.3.2. Bacterias

La cuantificación de la concentración y la cantidad de colonias de bacterias y su identificación taxonómica son aspectos importantes a considerar con el fin de realizar un diagnóstico microbiológico de la calidad del aire expedido por los equipos de aire acondicionado en los interiores de la sede, 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 un número igual o mayor a cinco (10) UFC/cm², con el fin de establecer el género más predominante del total aislado dentro de las instalaciones de la sede centro de la Corporación Universitaria del Meta. Se observó a nivel general que las instalaciones de la sede Centro cuentan con una pequeña diversidad de bacterias, encontrándose 3 géneros en total, los cuales, son agentes considerados de generar infecciones respiratorias, mucosas y de la piel.

Gráfica 3. Número de Unidades Formadoras de Colonia de Bacterias por puntos de muestreo.



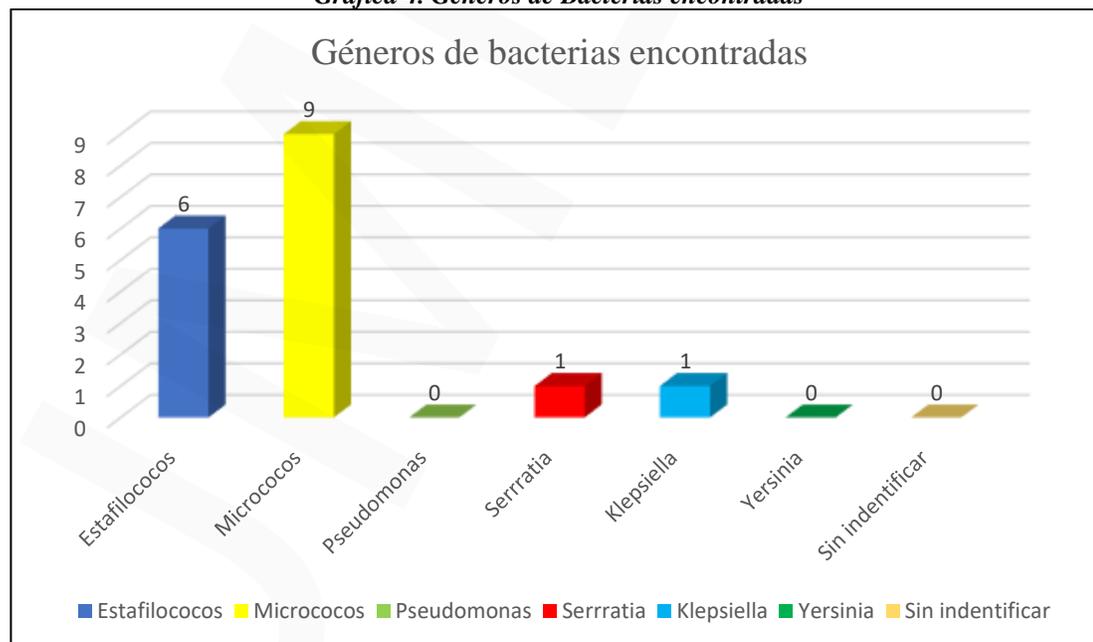
Fuente: El Autor.

En color azul se observa el punto del Vicerrectorado Administrativo y Financiero con cinco (5) UFC/cm², el punto #1 del auditorio del tercer piso con seis (6), el punto #1 del auditorio del tercer piso con seis (6) UFC/cm², el punto #2 del auditorio del tercer piso con cuatro (4) UFC/cm², en el auditorio y oficina de postgrados del cuarto piso tres (3) UFC/cm² cada una, en la oficina de Contabilidad dos (2) UFC/cm² y en color rojo se observa la oficina de créditos FADES con el mayor número de unidades formadoras de colonias, con sesenta (60) UFC/cm², le sigue Tesorería con veintisiete (27) UFC/cm², la Presidencia de FADES con dieciocho (18) UFC/cm², y la oficina de calidad con catorce (14) UFC/cm².

Se identificaron las muestras que obtuvieron un número igual o mayor a 10 UFC/cm², demostrando un valor significativo con potencial de daño o enfermedad.

Los puntos para identificación de bacterias fueron: la oficina de créditos FADES, Tesorería, la Presidencia de FADES y Calidad.

Gráfica 4. Géneros de Bacterias encontradas



Fuente: El Autor.

Se puede observar la identificación y presencia de bacterias gram negativas y gran positivas identificadas. Gram positivas de identificaron en nueve puntos, con presencia de *Micrococcos* y en seis ambientes o puntos se identificó *Estafilococos*. Gram negativas, en un punto se identificó *Serratia* y en otro punto diferente *Klepsiella*.

Cronograma

TABLA 17. Cronograma de Actividades Principales del Proyecto

No.	Actividades	2020						
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
1	Delimitación del problema de investigación	X						
2	Solicitar ante la Rectoría el aval para ejecutar la investigación con la población específica.	X						
3	Después de la aprobación crear un grupo de trabajo para ejecutar las actividades del proyecto.					X		
4	Revisar la literatura y material bibliográfico para la ejecución del proyecto y elaboración de marco teórico referencial			X	X			
5	Seleccionar los puntos de muestreo mediante la observación, de acuerdo a la calidad de los equipos, tiempo de vida útil, flujo de trabajadores y personas.						X	
6	Preparar el procedimiento de muestreo						X	
7	Delimitación de los objetivos y la justificación						X	
8	Preparación del medio de muestreo							X
9	Aplicar el procedimiento de toma de muestras en la población seleccionada							X

10	Análisis de las muestras y procesamiento de los datos	X	
11	Análisis de los datos	X	
12	Interpretación de los datos y resultados	X	X
13	Formulación de acciones de mejora.		X
14	Revisión por el Tutor		X
15	Elaboración del documento de tesis		X
16	Entrega del documento final		X
17	Sustentación		X

Fuente: El Autor.

Presupuesto

El presente estudio de investigación fue financiado con recursos propios del investigador, por ello se adjunta de manera detallada el presupuesto del estudio en pesos colombianos:

TABLA 18. Presupuesto del estudio

No.	Descripción	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Total S/.
1.	RECURSOS MATERIALES:			
1.1.	Lapiceros	2	\$ 800	\$ 1.600
1.2.	Marcador Sharpie	2	\$ 2.000	\$ 4.000
1.3.	Sobres de Manila	5	\$300	\$1.500
1.4.	Rollo de cinta de enmascarar	1	\$4.500	\$4.500
1.5.	Rollo de Vinipel	1	\$8.000	\$8.000
	SUBTOTAL			\$19.600
2.	RECURSOS DE LABORATORIO Y TOMA DE MUESTRAS:			
2.1	Cajas Plate Count	10	\$10.000	\$100.000
2.2.	Cajas Saboreaud	10	\$10.000	\$100.000
2.3.	Servicios profesionales del laboratorio y bacteriólogo para muestras e identificación (incluye elementos y reactivos)	1	\$450.000	\$450.000
2.4.	Nevera de icopor	1	\$5.000	\$5.000

2.5.	Pilas para refrigeración	3	\$1.000	\$3.000
2.6.	Gorros quirúrgicos	4	\$700	\$2.800
2.7.	Careta de protección	2	\$20.000	\$40.000
2.8.	Mascarilla N95	2	\$10.000	\$20.000
2.9.	Bata quirúrgica	2	\$4.000	\$8.000
2.10.	Caja de guantes de nitrilo	1	\$20.000	\$20.000
2.11.	Alcohol antiséptico al 70% 500ml	1	\$2.500	\$2.500
2.12.	Alcohol glicerinado al 70% 500ml	1	\$3.000	\$3.000
SUBTOTAL				\$754.300
3.	RECURSOS LOGÍSTICOS:			
3.1.	Refrigerios	1	\$40.000	\$40.000
3.2.	Impresiones	12	\$100	\$1.200
3.3.	Gasolina para movilización	1	\$50.000	\$50.000
SUBTOTAL				\$91.200
TOTAL, PRESUPUESTO				\$865.100

Fuente: El Autor

Conclusiones

La presencia de hongos y bacterias contaminantes en los equipos de aire acondicionado analizados, es un factor predisponente para causar morbilidades en los funcionarios expuestos, esto debido al nivel de contaminación de hongos y bacterias como también por la diversidad en cuanto a géneros encontrados durante toda la investigación.

El aire emitido por los equipos de aire acondicionado en la sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta presenta microorganismos patógenos con hongos y bacterias de diferentes géneros, dentro de los cuales se encuentran hongos filamentosos (*Aspergillus sp*, *Cladosporium sp.* y *Alternaria sp.*), los cuales fueron identificados basados en las características morfológicas microscópicas y macroscópicas de las colonias presentes en las cajas de Petri. También se encontraron bacterias gran positivas (*Estafilococos*, *Micrococos*,) y bacterias gran negativas (*Serratia*, *Klepsiela*.)

En total se realizó conteo de 83 colonias de hongos, en los 10 muestreos realizados en la sede, de las cuales 77 se identificaron mediante el *Kit BBL Crystal*. En total se realizó un conteo de 142 colonias de bacterias gran positivas y gram negativas, en los 10 muestreos realizados en la sede, de los cuales 125 se identificaron mediante el *Kit BBL Crystal*.

Los ambientes que presentaron mayor contaminación por hongos fueron la oficina 505, créditos FADES, oficina 402 Auditorio de Posgrados, y Auditorio de Posgrados, y los ambientes que presentaron mayor contaminación por bacterias fueron la oficina 505, créditos FADES, la oficina 507 Presidencia de FADES, la oficina 305 de Calidad y la oficina 305 de UNIMETA.

Los géneros identificados de bacterias y hongos son capaces de promover el desarrollo de enfermedades respiratorias y alérgicas a los funcionarios expuestos si se cumple con las condiciones de un tiempo de exposición prolongado, inmunidad del huésped, género del hongo o bacteria presente y concentración de esporas o carga microbiana en el medio, por ende, es fundamental formular acciones preventivas y de mejora, que permitan evitar posibles morbilidades en los funcionarios expuestos.

Recomendaciones

- Se recomienda adoptar y aplicar las medidas de seguridad propuestas y garantizar la limpieza y el mantenimiento preventivo, enfocado en la limpieza y desinfección de los equipos de aire acondicionado, para lograr así una disminución de la cantidad de hongos y bacterias en tanto agentes causantes de enfermedades e infecciones respiratorias.
- Incluir entre el mantenimiento preventivo realizado por la Corporación Universitaria del Meta, el monitoreo de la calidad microbiológica del aire, así como implementar mecanismos para asegurar la salud del personal administrativo, docente y estudiantil de la institución.
- Promover en la institución universitaria la realización de estudios epidemiológicos de la calidad microbiológica del aire que permitan establecer la influencia del mismo en la salud de las personas.
- Indagar epidemiológicamente con los trabajadores y el personal estudiantil de la institución sobre la presencia de enfermedades asociadas a la permanencia dentro de las instalaciones, y detallar factores comunes, síntomas y factores de riesgos no biológicos.
- Proponer iniciativas legislativas a nivel país frente a los niveles y parámetros límites de contaminación por hongos y bacterias en hogares y sitios de trabajo.
- Mejorar las prácticas de limpieza y desinfección de las áreas de trabajo para reducir la carga fúngica y bacteriana de los equipos y de esta forma disminuir las reacciones alérgicas de los trabajadores.

- Replicar el trabajo realizado a otras dependencias de la institución, pero esta vez con apoyo financiero.

Propuesta

5.1. Denominación de la Propuesta

Programa de mejoramiento de la calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado, en la Sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta.

5.2. Descripción de la Propuesta

El programa de mejoramiento de la calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado, tiene como objetivo, determinar las acciones, mecanismos e instrumentos técnicos, humanos y financieros que garanticen una óptima calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado de la sede Centro de la UNIMETA, cumpliendo estándares microbiológicos y físico químicos, y que a su vez permitan disminuir la exposición a factores de riesgo biológico en la organización.

El Programa debe de estar enmarcado dentro del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST de la Universidad y dicho programa presentará cuatro partes o momentos, partiendo de una secuencia lógica para enfrentar el problema de contaminación microbiológica del aire emitido por los equipos de aire acondicionado. Estos momentos son planteados de la siguiente forma: a.) planear, b.) identificar e implementar, c.) verificar y d.) actuar.

5.3. Fundamentación

De acuerdo con la investigación “Caracterización e Identificación de Microorganismos Presentes en Aires Acondicionados de la sede Centro de UNIMETA y posibles enfermedades e infecciones.” La contaminación del aire, de los ambientes y

espacios en la Universidad puede ocasionar problemas de salud, que abarcan desde alergias, infecciones, fatigas, entre otras más graves.

La calidad del aire que emite un equipo de aire puede verse afectada por múltiples factores físicos tales como temperatura, ruido, factores químicos (compuestos orgánicos volátiles, gases, polvo, fibras) y factores biológicos (bacterias, virus, hongos). Algunos de ellos son patógenos y provocan enfermedades. Virus: *Adenovirus* (infecciones respiratorias), *Parvovirus*, *Herpesvirus* (*herpes*, *varicela zoster*, *mononucleosis*), *Virus de la influenza* (gripes), *Coronavirus*, *síndrome respiratorio agudo severo*. Bacterias: *Neisseria meningitidis* (*meningitis*), *Staphylococcus aureus* (*neumonía*), *Streptococcus* como *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus agalactiae* y *Streptococcus pneumoniae*, *neumococo* (enfermedades de garganta, el oído medio, los senos paranasales, los pulmones, la piel, etc.)

La suma de todos estos factores, junto a la contaminación del aire, aumenta la probabilidad de ocasionar morbilidades en la población, además respaldan la formulación de actividades y acciones específicas para mitigar la exposición, por cual, es fundamental proponer medidas que permitan controlar el riesgo no solo biológico, sino también físico-químico, que generan incomodidad o malestar a funcionarios y estudiantes.

5.4. Objetivos de la Propuesta

5.4.1. Objetivo General

Desarrollar un programa de mejoramiento, con estrategias específicas, que permitan minimizar la contaminación del aire emitido por los equipos de aire acondicionado en la Sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta.

5.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar acciones que permitan realizar un adecuado manejo a la calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado, con base en la identificación de microorganismos y su caracterización.
- ✓ Establecer el programa de mejoramiento basado en el ciclo PHVA y de mejora continua.
- ✓ Implementar acciones conjuntas con la sección de Seguridad y Salud en el Trabajo y el Departamento de infraestructura y servicios de la institución universitaria.

5.5. Beneficiarios

El programa de mejoramiento de la calidad del aire, emitido por equipos de aire acondicionado en la sede Centro de la UNIMETA está dirigido a todos los funcionarios, que, por su desempeño laboral, están expuestos a la contaminación que emiten dichos equipos. Los beneficiarios se dividen así:

Funcionarios: Son los más expuestos a la posible contaminación emitida por estos equipos de aire acondicionado. El tiempo de exposición depende de los factores físicos como la temperatura del medio ambiente.

Estudiantes y visitantes: Están en baja probabilidad de exposición, ya que la sede Centro de la Universidad, presenta baja presencia de ellos, por ser un área administrativa, pero que es frecuentada en época de matrículas (Tesorería y Registro académico).

Seguridad y Salud en el Trabajo: Es la sección de la Corporación Universitaria del Meta encargada de diseñar e implementar el programa de mejoramiento, ejecutando acciones de coordinación con otras dependencias.

Departamento de Infraestructura y Servicios: Es el Departamento de la Universidad, junto a la sección de Seguridad y Salud en el Trabajo, encargada de implementar el programa, de allí se desprenden los recursos financieros, humanos y técnicos para realizar las acciones específicas de mitigación.

5.6. Productos

Se obtendrá un programa de mejoramiento de la calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado en la sede Centro de la UNIMETA. Este programa lo componen los siguientes productos:

- ✓ Programa de mejoramiento en Excel. (objeto, alcance, indicadores, metas, metodología, desarrollo, seguimiento, cronograma de actividades, cobertura, evidencia del cumplimiento, análisis y plan de acción.)
- ✓ Lista de chequeo la calidad de los equipos. (permite en primera instancia que equipos se encuentran en condiciones obsoletas, para ser removidos.)
- ✓ Hoja de vida de los equipos.
- ✓ Formato de mantenimiento preventivo (registra las condiciones del equipo, registro de limpieza y desinfección, productos utilizados y los responsables.)

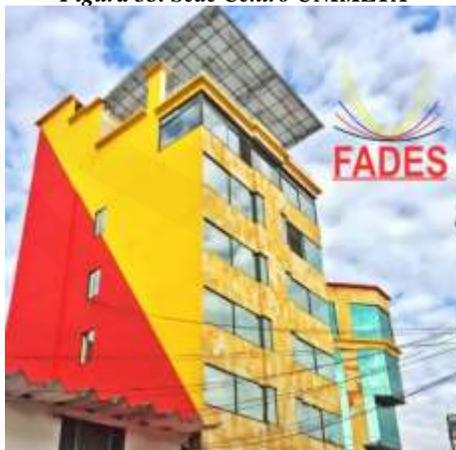
Con la implementación de este programa y actividades se identificarán de forma principal aquellos equipos que son aptos para el funcionamiento, retirando los que ya

se encuentran obsoletos o cumplieron su vida útil. En la hoja de vida de los equipos se registrarán aquellos que quedarán en funcionamiento en la sede y se consignará toda la información técnica y específica de cada equipo. Posteriormente se ejecutará un plan de mantenimiento preventivo que estará inmerso en el programa de mejoramiento, allí se planificarán todas las acciones periódicas con las cuales se busca mitigar la contaminación del aire emitido por parte de los equipos. Las acciones incluyen inspeccionar el estado general del equipo, realizar la correcta limpieza y desinfección, tanto externa, interna y de sus filtros.

5.7. Localización

El programa de mejoramiento de la calidad del aire, emitido por equipos de aire acondicionado será implementado como proyecto base o guía, en la Sede Centro de la Corporación Universitaria del Meta, en la Ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia.

Figura 53. Sede Centro UNIMETA



Fuente: Fundación FADES – Entidad financiadora de UNIMETA

La Sede Centro se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Villavicencio, cerca del Parque del Hacha, allí se manejan las dependencias financiera, contable, calidad y Posgrados de la institución.

5.8. Método

Según la información y los resultados obtenidos en el proyecto “Caracterización e Identificación de Microorganismos Presentes en Aires Acondicionados de la sede Centro de UNIMETA y posibles enfermedades e infecciones.” El programa de mejoramiento tendrá cuatro momentos, el primero es el planear, el segundo es el identificar e implementar, el tercero es verificar y el último actuar. La metodología se ancla al modelo PHVA o ciclo Deming. A continuación, se describe las actividades específicas de la propuesta:

5.8.1. Planear

Aquí se diseña la estructura del programa de mejoramiento y se establecen las actividades específicas para ser implementadas posteriormente, se definen las herramientas a utilizar, los recursos humanos, técnicos y financieros para la ejecución del programa. Las actividades propuestas presentan tiempos de ejecución y responsables de cada acción o tarea, evidenciando su cumplimiento, mediante formatos y registros. Estas son las actividades de este momento:

- ✓ Convocar y reunir al equipo que conforma el diseño y la implementación del programa de mejoramiento.
- ✓ Diseñar la estructura del programa, con todos sus componentes, en la herramienta Excel.
- ✓ Formular el presupuesto y cronograma de actividades para su aprobación, por parte del área encargada.
- ✓ Diseñar la lista de chequeo sobre condiciones de calidad de los equipos.
- ✓ Diseñar la hoja de vida de los equipos.
- ✓ Diseñar el formato de mantenimiento preventivo.
- ✓ Planear actividades de capacitación y reuniones periódicas al equipo de trabajo integrado por SST y mantenimiento para la ejecución del programa.

- ✓ Planear reunión para la verificación del programa y aplicar medidas de mejora.

5.8.2. Hacer o Implementar

Está asociado con la realización de un diagnóstico previo, cuya información recaudada permita formular acciones y posibilite la toma de decisiones sobre las fuentes de contaminación del aire, en este caso los equipos de aire acondicionado, y sus efectos en la salud de la población expuesta. Dentro de las actividades contempladas se tiene:

- ✓ **Capacitar al equipo de implementación:** El recurso humano del Departamento de Infraestructura y Servicios, será capacitado por la sección de Seguridad y Salud en el Trabajo o una empresa externa que brinde los servicios de mantenimiento de aires. En estos espacios de capacitación se darán las directrices para una correcta inspección de los equipos, mantenimiento, limpieza y desinfección. También se capacitará a los operarios en las precauciones y factores de riesgo a los que estarán expuestos y la utilización de EPP.
- ✓ **Identificación y diagnóstico de equipos de aire acondicionado:** Mediante una lista de chequeo se identificarán los equipos que cumplen con las condiciones técnicas aptas para su funcionamiento, permitiendo perfilar cada equipo y determinar si es obsoleto o no. Los equipos que no cumplan, serán retirados para su disposición final de acuerdo con el plan de residuos adoptado por la institución.
- ✓ **Registrar los equipos en las hojas de vida:** Posterior al diagnóstico e identificación de los equipos, los que queden aprobados y en funcionamiento, serán registrados en el formato de hoja de vida, previamente diseñado. Cada

equipo tendrá un código de referencia y se registrarán todas sus especificaciones técnicas.

- ✓ **Inspecciones y Actividades de mantenimiento preventivo:** Mediante la aplicación del formato de mantenimiento preventivo, se registrarán las inspecciones planeadas periódicas, además se revisarán las condiciones de cada equipo de la sede, además de los procesos de limpieza y desinfección del exterior del equipo, conductos y filtros. Estas actividades van inmersas en la hoja de vida de cada equipo y serán realizadas por funcionarios de la institución ya capacitados o por un proveedor contratado certificado.
- ✓ **Reuniones de verificación y control:** Se destinarán espacios de reunión para verificar la ejecución de las acciones, y en donde el responsable del Departamento de Infraestructura y Servicios, sumado al líder de la Seguridad y Salud en el trabajo, socializarán sus responsabilidades y darán a conocer el estado de avance de la ejecución del programa, esto con miras a verificar y evaluar que se hayan cumplido las metas y objetivos, además de posibilitar la retroalimentación y opciones de mejora.

5.8.3. Verificar

En este momento se evalúa toda la ejecución del programa, las actividades propuestas y sus indicadores. Se verifica que el programa haya cumplido las expectativas y se identifican sus posibles fallas, para así actualizarlo y permitir la realización de un mantenimiento preventivo más efectivo y que disminuya de forma considerable los índices de morbilidad causados por la calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado.

6	Diseñar la Hoja de vida de los equipos.	X				
7	Registrar equipos seleccionados en la hoja de vida		X			
8	Diseñar el Formato de mantenimiento preventivo.	X				
9	Realizar mantenimiento preventivo a todos los equipos de la sede, limpieza y desinfección.		X	X	X	X
10	Actividades de capacitación y reuniones periódicas al equipo para la ejecución del programa.	X		X		X
11	Revisión y evaluación del programa			X		X
12	Formulación de acciones de mejora.					X

Fuente: El Autor

5.10. Recursos

- ✓ **Humanos:** Se cuenta con el personal operativo capacitado del Departamento de Infraestructura y Servicios, el Coordinador del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo. También hacen parte para liderar el proyecto, el jefe del Departamento y el responsable del SG-SST. Como respaldo en la implementación del programa se tendrá la opción de contratar a un proveedor externo para las actividades de mantenimiento preventivo.
- ✓ **Financieros:** La institución dispondrá del presupuesto del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST para las actividades de

capacitación y diseño estructural del proyecto. Para todas las acciones de ejecución y compra de suministro, equipos y contratación de proveedores, los recursos se obtendrán por parte del Departamento de Infraestructura y Servicios de la Corporación.

- ✓ **Técnicos:** Todos los recursos técnicos se obtendrán previa aprobación del líder del Departamento de Infraestructura y Servicios, el cual determinará los proveedores para realizar la compra de suministros y contratación. Estos recursos serán presupuestados tras los resultados obtenidos en el diagnóstico de los equipos y condiciones de los mismos.

5.11. Presupuesto

El programa de monitoreo de la calidad del aire emitido por los equipos de aire acondicionado de la sede Centro de UNIMETA, tendrá los siguientes ítems presupuestados y financiados por la Universidad:

Tabla 20. Presupuesto de la Propuesta

No.	Descripción	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Total S/.
1. RECURSOS HUMANOS:				
1.1.	Técnico de mantenimiento de aires	12	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
1.2.	Auxiliar de mantenimiento	12	\$ 1.200.000	\$ 14.400.000
1.3.	Empresa externa para el mantenimiento	4	\$ 855.000	\$ 3.420.000
SUBTOTAL				\$41.820.000
2. RECURSOS TÉCNICOS:				
2.1	Papelería e impresiones	1	\$300.000	\$300.000
2.2.	EPP funcionarios	1	\$500.000	\$500.000
2.3.	Equipos, herramientas y utensilios	1	\$1.000.000	\$3.000.000
2.4.	Productos de limpieza y desinfección	1	\$2.500.000	\$2.500.000
2.5.	Repuestos para los equipos	3	\$5.000.000	\$5.000.000
SUBTOTAL				\$11.300.000
3. RECURSOS LOGÍSTICOS:				
3.1.	Refrigerios y capacitaciones	4	\$80.000	\$320.000
3.3.	Movilización	1	\$300.000	\$300.000

SUBTOTAL	\$620.000
TOTAL, PRESUPUESTO	\$53.740.000

Fuente: El Autor

Referencias Bibliográficas

- AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO. (2007). *"Guías técnicas"*. España: Europeannetwork.
- Awosika S, O. F. (junio de 2012). *US National Library of Medicine*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3609330/>
- BBC, B. B. (3 de Agosto de 2016). Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-36965854>
- Bohórquez, D. F. (2015). DETERMINACIÓN DE BACTERIAS EN EL AIRE DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS ASOCIADAS A POSIBLES AFECCIONES EN LA SALUD. Bogotá, Colombia.
- Carazo Fernández L, F. A.-B. (5 de abril de 2012). *PubMed.gov*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22704531/>
- César Alberto Romero Bohórquez, D. F. (2016). Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia. pág. 2.
- Clavache, D. R. (2012). Evaluación microbiológica de la presencia de hongos en ambientes de la Escuela de Bioanálisis de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Dorado, Ó. (28 de junio de 2020). *Mejorar con Salud*. Obtenido de <https://mejorconsalud.as.com/6-efectos-del-aire-acondicionado-sobre-tu-salud/>
- FLANNIGAN, B. (1993). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/68402631/Calidad-de-Aire-Interior>
- Gómez, R. J. (2014). *Prevención Integral*. Obtenido de <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2014/diagnostico-calidad-aire-en-empresa-sector-publico-para-disminuir-enfermedades-trabajo>
- Haleem Khan AA, M. K. (2 de junio de 2012). *PubMed.gog*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23961203/>
- Kelkar U, B. A. (junio de 2005). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2101330531_U_Kelkar

- Li A, L. Z. (abril de 2012). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/229102645_The_effect_of_air-conditioning_parameters_and_deposition_dust_on_microbial_growth_in_supply_air_ducts
- Martha SOLIS, S. Z. (2007). Cultivo y observación de Zigomicetos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Mata, E. V. (2010). *Cegesti, Éxito empresarial* . Obtenido de http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_128_011110_es
- Meléndez, L. M. (2019). Caracterización microbiológica de la calidad del aire al interior del aire al interior de las instalaciones del CEAD Bucaramanga de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bucaramanga, Colombia.
- OMS. (2011). uenas prácticas de la OMS para laboratorios de microbiología farmacéutica. *raducido de: World Health Organization. Annex 2: WHO good practices for pharmaceutical microbiology laboratories. En: WHO Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations: forty-fifth report. Geneva: World Health Organization.*
- Oscar dorado, M. J. (4 de junio de 2019). *Mejor con Salud*. Obtenido de <https://mejorconsalud.com/6-efectos-del-aire-acondicionado-sobre-tu-salud/>
- Press, Agencia Europea. (04 de 07 de 2018). El aire acondicionado podría empeorar las cosas en materia de salud pública. *El Espectador*.
- Quintana, A. y. (2006). *Metodología de Investigación científica Cualitativa*. Lima.
- Redacción BBC Mundo. (3 de agosto de 2016). *BBC News Mundo*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-36965854>
- SALUD, M. D. (2000). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Ecuador.
- Solá, X. G. (2009). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* . Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsast/e/fulltext/enciclopedia/44.pdf>
- STETZENBACH, L. D. (1998). *Microorganisms and Indoor Air Quality. Clinical Microbiology*.
- Taneja N, B. M. (13 de 02 de 2011). *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195670111001058>

Tarín, G. S. (15 de 08 de 2017). *Prevencionar.com*. Obtenido de <https://prevencionar.com/2017/08/15/uso-saludable-del-aire-acondicionado-trabajo/>

UNIMETA. (2020). *Historia Descubre la UNIMETA*. Obtenido de <http://www.unimeta.edu.co/modules/university/default.aspx?id=6>

Anexos

Anexo A. Herramienta de Recolección de Datos para Hongos

Anexo 1. Herramienta de Recolección de Datos para Hongos

No. Punto de Muestreo	Lugar	Fecha	No. UFC/cm2	Agar	Hongo presuntivo
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fuente: El Autor

Anexo B. Herramienta de Recolección de Datos para Bacterias

Anexo 2. Herramienta de Recolección de Datos para Bacterias

No. Punto de Muestreo	Lugar	Fecha	No. UFC/cm2	Agar	Bacteria presuntiva (+ -)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fuente: El Autor

Anexo C. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.

Anexo 3. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.



CONTEO DE COLONIAS DE HONGOS POR PUNTO DE MUESTREO

No. Punto de Muestra	Lugar	Fecha	No. UFC/cm ²	Agar	Hongo presuntivo
1	Vicerrectorado Administrativo y Financiero (oficina 209)	27/06/2020	0	Sabouraud	Ninguno
2	Contabilidad (oficina 203)	27/06/2020	3	Sabouraud	Cladosporium sp.
3	Créditos FADES (oficina 505)	27/06/2020	20	Sabouraud	Aspergillus sp. Cladosporium sp. Alternaria sp.
4	Presidencia créditos FADES (oficina 507)	27/06/2020	6	Sabouraud	Aspergillus sp. Cladosporium sp.
5	Auditorio postgrados (oficina 402)	27/06/2020	14	Sabouraud	Aspergillus sp. Cladosporium sp.
6	Postgrados (oficina 406)	27/06/2020	6	Sabouraud	Aspergillus sp.
7	Calidad (oficina 305)	27/06/2020	9	Sabouraud	Aspergillus sp.
8	Auditorio postgrados (oficina 302) aire #1	27/06/2020	10	Sabouraud	Aspergillus sp.
9	Auditorio postgrados (oficina 302) aire # 2	27/06/2020	12	Sabouraud	Aspergillus sp.
10	Tesorería (primer piso)	27/06/2020	3	Sabouraud	Cladosporium sp.



Calle 7 No. 39-27 Villa Bolívar Tel: 660 14 59 - Cel.: 311-481 82 52 - 311-482 04 43
E-mail: labco2009@gmail.com - Villavicencio - Meta

Fuente: LABCO

Anexo 4. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.



CONTEO DE COLONIAS DE BACTERIAS POR PUNTO DE MUESTREO

No. Punto de Muestreo	Lugar	Fecha	No. UFC/cm ²	Agar	Bacteria presuntiva
1	Vicerrectorado Administrativo y Financiero (oficina 209)	27/06/2020	5	Plate Count	Estafilococos
2	Contabilidad (oficina 203)	27/06/2020	2	Plate Count	Micrococos
3	Créditos FADES (oficina 505)	27/06/2020	60	Plate Count	Estafilococos Micrococos Serratia
4	Presidencia créditos FADES (oficina 507)	27/06/2020	18	Plate Count	Estafilococos Micrococos
5	Auditorio postgrados (oficina 402)	27/06/2020	3	Plate Count	Micrococos
6	Postgrados (oficina 406)	27/06/2020	3	Plate Count	Micrococos
7	Calidad (oficina 305)	27/06/2020	14	Plate Count	Estafilococos Micrococos
8	Auditorio postgrados (oficina 302) aire #1	27/06/2020	6	Plate Count	Estafilococos Micrococos
9	Auditorio postgrados (oficina 302) aire # 2	27/06/2020	4	Plate Count	Micrococos
10	Tesorería (primer piso)	27/06/2020	27	Plate Count	Estafilococos Micrococos Klebsiella

Limites de Control para Recuento de Colonias.

- Mesófilos = 10 UFC/cm².
- Mohos y Levaduras = 5 UFC/cm².



Calle 7 No. 39-27 Villa Bolívar Tel: 660 14 59 - Cel.: 311-481 82 52 - 311-482 04 43
E-mail: labco2009@gmail.com - Villavicencio - Meta

Fuente: LABCO

Anexo 5. Resultados Emitidos por el Laboratorio Especializado.



GÉNEROS DE HONGOS IDENTIFICADOS

Genero		Frecuencias de ambientes contaminados por géneros	%
1	Aspergillus sp.	6 de 10	60
2	Rhizopus sp.	0 de 10	0
3	Cladosporium sp.	5 de 10	50
4	Curvalaria sp.	0 de 10	0
5	Penicillium sp.	0 de 10	0
6	Fusarium sp.	0 de 10	0
7	Alternaria sp.	1 de 10	10
8	Sin identificar	0 de 10	0

GÉNERO DE BACTERIAS IDENTIFICADAS

Genero		Frecuencias de ambientes contaminados por géneros	%
1	Estafilococos	6 de 10	60
2	Micrococcos	9 de 10	90
3	Pseudomonas	0 de 10	0
4	Serratia	1 de 10	10
5	Klepsiella	1 de 10	10
6	Yersinia	0 de 10	0

Diana Cecilia Osorio C.
BACTERIOLOGA UCM
RES 10232 SSIM

Calle 7 No. 39-27 Villa Bolívar Tel: 660 14 59 - Cel.: 311-481 82 52 - 311-482 04 43
E-mail: labco2009@gmail.com - Villavicencio - Meta

Fuente: LABCO