

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**  
**SECCIÓN DE BIOLOGÍA**



**TRABAJO DE GRADO:**

**“ESTUDIO DE LA MICOTA AMBIENTAL DE LOS LABORATORIOS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y SU RELACIÓN CON SÍNTOMAS DE ALERGIAS RESPIRATORIAS EN LOS EMPLEADOS, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL”**

**PRESENTADO POR:**

MOLINA LAZO, LUIS DANIEL

SANCHEZ GUZMAN, JESSICA XIOMARA

**INFORME FINAL DE INVESTIGACION PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

LICENCIADO/A EN BIOLOGÍA

**DOCENTE ASESOR:**

MAESTRO ÓSCAR ENRIQUE DÍAZ HERNÁNDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, JULIO 2023

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR****AUTORIDADES**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO.

**RECTOR**

DOCTOR RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ.

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

INGENIERO FRANCISCO ALARCÓN SANDOVAL

**SECRETARIO GENERAL**

LICENCIADO RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

**FISCAL GENERAL**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL****AUTORIDADES**

LICENCIADO CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

**DECANO**

LICENCIADO OSCAR VILLALOBOS

**VICEDECANO**

LICENCIADO ISRAEL LÓPEZ MIRANDA

**SECRETARIO GENERAL**

LICENCIADO JORGE PASTOR FUENTES CABRERA

**DIRECTOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

MAESTRA KARLA MARÍA MEJÍA ORTÍZ

**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

MAESTRO ÓSCAR ENRIQUE DÍAZ HERNÁNDEZ

**COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADO DE LA CARRERA LIC BILOGÍA**

**TRIBUNAL EVALUADOR**

MAESTRO ÓSCAR ENRIQUE DÍAZ HERNÁNDEZ

**JURADO ASESOR**

LICENCIADA IRIS BETANIA RIVERA CRUZ

**JURADO CALIFICADOR**

MAESTRO CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO

**JURADO CALIFICADOR**

## Agradecimientos

Agradecemos primeramente a **DIOS** por ayudarnos en este proceso de aprendizaje y desarrollo, dándonos sabiduría y entendimiento, acompañándonos siempre en nuestro proceso de aprendizaje, y por habernos dado el amor por las diferentes formas de vida que existen, dándonos la dicha de elegir la biología como nuestra carrera.

A nuestros **padres** por apoyarnos, aconsejarnos y motivarnos a seguir adelante a pesar de las dificultades que se presentaban y demás familia que nos alentó a seguir en el proceso de nuestra preparación académica y vernos como futuros biólogos.

A nuestros **docentes** quienes nos inculcaron el amor y la pasión por el cuidado de la vida y el medio ambiente, además de compartimos de sus conocimientos y prepararnos para el entorno laboral. Les agradecemos su paciencia y su dedicación al momento de dictar las clases.

Al Maestro **Oscar Enrique Diaz Hernández** por su apreciable trabajo, enseñando con paciencia y dedicación, además de ser fuente de inspiración en nuestro aprendizaje. Le agradecemos su comprensión, su amabilidad y su entera disposición a la enseñanza.

Al Señor **Fidel Medales** por su amabilidad y disposición en atendernos al momento de realizar el análisis de las muestras y por ser un muy buen laboratorista, paciente, amable y educado.

A nuestros **compañeros** por darnos apoyo moral y compartir de sus conocimientos y estar ahí cuando les necesitábamos, les agradecemos además su colaboración en las prácticas de laboratorio y su compañerismo.

A nuestros **amigos** por alentarnos y motivarnos con su admiración hacia nuestra carrera.

Luis Daniel Molina Lazo

Jessica Xiomara Sánchez Guzmán

## Contenido

Resumen.....	10
Introducción.....	12
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1. Planteamiento del problema. ....	13
1.1. Antecedentes del problema.....	13
1.2 Situación problemática.....	14
1.3 Enunciado del problema.....	15
1.4 Justificación del estudio.....	16
1.5 Objetivos de la investigación.....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	18
2.1 Marco Histórico.....	18
2.2 Marco Teórico.....	19
2.2.1 Características generales de los hongos.....	19
2.2.2 Importancia de los hongos microscópicos para el hombre.....	20
2.2. 3 Hongos Asociados a Humanos.....	21
2.2.4 Aerobiología.....	22
2.2.5 Hongos del aire.....	23
2.2.6 Contaminación por hongos.....	23
2.2.7 Impacto en el personal que trabaja en laboratorios.....	23
2.2.8 Medios de cultivo.....	25
2.2.9 Diagnóstico para alergia.....	26
2.2.10 Tratamiento.....	27
2.2.10.1 Farmacoterapia.....	27
2.2.10.2 Inmunoterapia.....	27
2.2.11 Prevención y control.....	28
2.2.12 Reporte de laboratorio.....	28
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
3. Diseño Metodológico.....	28
3.1 Tipo de investigación.....	29
3.2 Población y Muestra.....	29

3.2.1 Población .....	29
3.2.2. Muestra. ....	29
3.3 Criterios para establecer la muestra.....	29
3.3. 1 Criterios de inclusión.....	29
3.3.2 Criterios de exclusión .....	29
3.4 Tipo de muestreo.....	29
3.5 Recursos .....	30
3.6 Materiales .....	30
3.7 Reactivos .....	30
3.8 Cristalería .....	30
3.9 Equipo .....	30
3.10 Institucionales.....	31
3.11Técnicas de recolección de datos .....	31
3.11.1 Técnicas del trabajo de campo. ....	31
3.11.2 Técnicas de laboratorio. ....	31
3.12 Instrumentos .....	32
3.13 Plan de análisis .....	33
3.13.1 Método de muestreo ambiental.....	33
3.13.2 Cultivo, transporte e incubación.....	33
3.13.3 Identificación de hongos. ....	33
3.14 Factores climáticos .....	33
3.15 Estudio epidemiológico.....	33
3.16 Análisis de resultado .....	34
3.17 Riesgos y beneficios .....	34
3.17.1 Riesgos.....	34
3.17.2 Beneficios .....	34
3.18 Consideraciones éticas.....	35
CÁPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....	35
4. Resultados.....	35
4.1 Análisis de cuestionario sobre la calidad del aire del entorno de trabajo relacionada con posibles síntomas de alergia provocadas por hongos. ....	43
4.2 Géneros importantes que causan alergia. ....	48
4.3 Discusión .....	52

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN .....	57
5.1 Conclusiones.....	57
5.2 Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	59
Anexos .....	61

### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Principales especies identificadas en el Laboratorio de Química .....	37
Cuadro 2: Principales especies identificadas en los Laboratorios de Biología.....	39
Cuadro 3: Principales especies identificadas en los Laboratorios de Física.....	41
Cuadro 4: Datos epidemiológicos, según el cuestionario sobre la calidad del aire del entorno de trabajo relacionada con posibles síntomas de alergia provocadas por hongos. ....	43
Cuadro 5: Cuadro de síntomas de alergia comunes fuera de procesos gripales .....	43
Cuadro 6: Ambiente donde los síntomas suelen presentarse con mayor frecuencia.....	44
Cuadro 7: Época del año donde más síntomas se presentan .....	45
Cuadro 8: Factores climáticos promedio durante los muestreos .....	46

### INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Porcentaje de especies identificadas en el Laboratorio de Química.....	38
Gráfico 2 Porcentaje de especies identificadas en los Laboratorios de Biología .....	40
Gráfico 3: Porcentaje de especies identificadas en los Laboratorios de Física .....	42
Gráfico 4 Síntomas comunes fuera de procesos gripales.....	44
Gráfico 5: Porcentaje del ambiente donde los síntomas suelen presentarse con mayor frecuencia.....	45
Gráfico 6: Porcentaje de época en el que se presentan más los síntomas .....	46
Gráfico 7: Temperatura promedio durante los meses de muestreo .....	47
Gráfico 8: Humedad relativa promedio durante los meses de muestreo .....	47
Gráfico 9: Precipitación promedio durante los meses de muestreo.....	48



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Penicillium sp.</i> .....	48
Figura 2: <i>Aspergillus flavus</i> .....	49
Figura 3: <i>Aspergillus niger</i> .....	50
Figura 4: <i>Alternaria sp.</i> .....	50
Figura 5: <i>Rhizopus stolonifer</i> .....	51
Figura 6: <i>Mucor sp.</i> .....	52

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Colocación de medios de cultivos en el Laboratorio de Química .....	61
Anexo 2: Placas petri con crecimiento de hongos .....	60
Anexo 3: Observación de características macroscópicas .....	61
Anexo 4: Identificación microscópica .....	61
Anexo 5: Realización de disociados .....	62
Anexo 6: Placa con cepas hongos .....	62
Anexo 7: Instalaciones del Laboratorio de Química .....	63
Anexo 8: Instalaciones del Laboratorio de Física .....	63
Anexo 9: Instalación del Laboratorio A de Biología .....	64
Anexo 10: Instalación del Laboratorio B de Biología .....	64
Anexo 11: Instalación del Laboratorio C de Biología .....	65
Anexo 12: Ciclo de vida infeccioso del género <i>Aspergillus</i> .....	65
Anexo 13: Entrevista a personal de Laboratorio .....	66
Anexo 14: Estructura microscópicas de un hongo filamentoso .....	66
Anexo 15: Croquis del lugar de estudio .....	67
Anexo 16: Consentimiento informado .....	68
Anexo 17: Cuestionarios .....	69
Anexo 18: Fichas de recolección de datos .....	72
Anexo 19: Lista de chequeo de las instalaciones .....	73
Anexo 20: Presupuesto .....	75
Anexo 21: Cronograma de actividades .....	76
Anexo 22: Glosario .....	77

## RESUMEN.

Se realizó un estudio cuyo propósito fue estudiar la micota ambiental en los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales y la relación que tiene con síntomas de alergias respiratorias en los trabajadores. Se aplicó un diseño metodológico en el que participaron los trabajadores de los laboratorios, para determinar la relación que existe con los síntomas de alergias respiratorias respecto a la micota ambiental existente, en la cual se determinó en los muestreos que se realizaron durante el estudio. El objetivo de esta investigación es estudiar la micota ambiental de los Laboratorios de Ciencias Naturales y su relación con síntomas de alergias respiratorias en los trabajadores de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Esta investigación fue de carácter experimental, aplicándose técnicas de campo y técnicas de laboratorio. Las técnicas de campo incluyeron la observación, selección de puntos de muestreos, colocación de placas y la aplicación de cuestionarios. Consistiendo las técnicas de laboratorio en la elaboración de medios de cultivo, disociación de las colonias de hongos filamentosos, y la identificación de cepas fúngicas. Se identificaron 5 géneros fúngicos como los más dominantes siendo estos: ***Aspergillus***, ***Penicillium***, ***Alternaria***, ***Mucor***, ***Rhizopus***, de los cuales ***Aspergillus*** es el de mayor prevalencia, reportándose en los 5 muestreos realizados; el 100% de los encuestados aseguró no contar con equipo de bioseguridad.

**Palabras clave:** micota ambiental, calidad del aire, alergias respiratorias.

## SUMMARY.

A study was carried out whose purpose was to study the environmental mycota in the laboratories of the Department of Natural Sciences and the relationship it has with symptoms of respiratory allergies in workers. A methodological design was applied in which the laboratory workers participated, to determine the relationship that exists with the symptoms of respiratory allergies with respect to the existing environmental mycota, in which it was determined in the samplings that were carried out during the study. The objective of this research is to study the environmental mycota of the Laboratories of Natural Sciences and its relationship with symptoms of respiratory allergies in the workers of the Oriental Multidisciplinary Faculty. This research was of an experimental nature, applying field techniques and laboratory techniques. Field techniques included observation, selection of sampling points, placement of plates and the application of questionnaires. Consisting laboratory techniques in the development of culture media, dissociation of colonies of filamentous fungi, and identification of fungal strains. 5 fungal genera were identified as the most dominant, these being: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Mucor*, *Rhizopus*, of which *Aspergillus* is the most prevalent, being reported in the 5 samplings carried out; 100% of those surveyed stated that they did not have biosafety equipment.

**Keywords:** environmental mycota, air quality, respiratory allergies.

## INTRODUCCIÓN.

Los hongos ambientales, al igual que los ácaros y el polen, son considerados como alérgenos. Su capacidad para activar el sistema inmune no solo depende de su antigenicidad, sino de factores como el transporte, depósito en las mucosas de la vía aérea superior del huésped susceptible y el tiempo a la exposición a un ambiente predominante de esporas (Herrera, *et al* 2019).

La exposición fúngica es un hecho en la vida diaria de las personas, considerado el primer paso de un complejo mecanismo de respuesta que tiene el cuerpo, a la sensibilización como fenómeno central en el paciente alérgico y que puede tener como resultado el inicio de una enfermedad. Las enfermedades alérgicas se deben a una respuesta anormal del sistema inmunitario como defensa de aquellas sustancias denominadas alérgenos que se encuentran suspendidas en el aire, estos varían según las regiones geográficas generando un problema de salud frecuente.

La Organización Mundial de la Salud en el año 2015, presentó el impacto socioeconómico de alergias respiratorias al año, nos expone que, debido al aumento de la población, se calcula que estas pueden llegar a afectar al 40% de la población a nivel mundial, como resultado del aumento de tantos factores desencadenantes entre ellos la contaminación ambiental (Pawankar, Canonica, Holgate, & Lockey, 2011).

El objetivo principal de esta investigación es estudiar la micota ambiental relacionada con síntomas de alergia en los trabajadores de los laboratorios del departamento de Ciencias Naturales en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1. Planteamiento del problema.

#### 1.1. Antecedentes del problema.

En la investigación titulada “Estudio de la micota ambiental de 3 edificios de laboratorios de la Universidad del Valle, Colombia, y su relación con los síntomas de alergias respiratorias que manifiestan los trabajadores” de la autora Luz Dary Caiceo, menciona que los hongos están presentes en el medio exterior como en el medio interior y sus propágulos de dispersión están en contacto permanente con los seres humanos y animales. Por su pequeño tamaño y concentración en determinados ambientes estas partículas pueden ejercer un papel importante en las alergias respiratorias.

Este estudio describe, la carga fúngica ambiental de las instalaciones de tres edificios de laboratorios de la Universidad del Valle, situados en tres zonas diferentes de la ciudad del Cali, Colombia; los principales géneros prevalentes, la micota presente en las fosas nasales de los trabajadores que allí se desempeñan y su relación con la prevalencia de alergias y la sensibilización de esa población frente a extractos fúngicos.

Esta investigación tenía el objeto de determinar las posibles afecciones alérgicas del personal que trabaja con tiempos de permanencia prolongados en los espacios de los laboratorios y para ello realizaron un cuestionario, donde conocieron que el 10.1% de los trabajadores tenía diagnóstico de asma, el 20.3% de rinitis y el 4,3% de conjuntivitis.

Los hongos prevalentes en el ambiente interno de los tres edificios fueron hongos ampliamente reconocidos como alergénicos. Predomino el género **Cladosporium** (37,67%), seguido de los géneros **Fusarium** (7,74%), **Penicillium** (5,58%) y **Aspergillus** (2,42%). La carga fúngica de **Cladosporium** y **Fusarium** fue superior en el exterior de los tres edificios, mientras que la carga fúngica de **Aspergillus** y **Penicillium** no mostró diferencias significativas.

Las conclusiones más relevantes fueron que las cargas fúngicas aumentaron a medida que la temperatura del ambiente interno aumentaba de 24 a 27<sup>0</sup> C y cuando se presentaron humedades relativas mayores a 60%. La carga fúngica de los edificios se vio influenciado por la ubicación geográfica del edificio, las condiciones de temperatura y humedad relativa en el interior, las características edilicias y la organización respecto del movimiento de personas y cierre de puertas y ventanas.

## **1.2 Situación problemática.**

Los microorganismos, esporas, ácaros y polen son componentes naturales del aire en ambientes internos y externos; pueden ser transportados desde el exterior por partículas que viajan en el aire, pueden establecerse en el polvo y causar el biodeterioro de diversos materiales, además de representar un riesgo para la salud de las personas (García, 2005).

Asimismo, muchas especies de hongos se pueden diferenciar, identificar y clasificar según su morfología, estructura, mecanismo de formación y elementos formadores de las esporas. Las condiciones necesarias para que un hongo crezca en una superficie es la existencia de esporas, base nutriente, humedad y temperatura entre 4 y 38 °C (Martí Sole, 1998).

La mayor parte de enfermedades alérgicas causadas por hongos son debido a la inhalación, ingestión de esporas de hongos y células vegetativas (hifas) o por contacto con células fúngicas. En contraste con otras fuentes alérgicas, los hongos están extendidos en el ambiente y la exposición a las esporas ambientales es constante a lo largo del año.

Una vez que los hongos se han desarrollado sobre una superficie, la incidencia de diversos factores como las corrientes de aire que ejercen un efecto de arrastre mecánico, la desecación que favorece la pulverulencia, o las vibraciones causadas por actividades cotidianas, ocasionan que el polvo se suspenda en el aire conteniendo metabolitos fúngicos, como micotoxinas o fragmentos fúngicos (esporas, hifas y propágulos) (Crook & Burton, 2010).

Las partículas inhaladas mayores de  $10\mu\text{m}$  quedarán retenidas por el sistema de limpieza mucociliar en la región nasofaríngea, donde pueden causar irritación. Las partículas inhaladas menores de  $2,5\mu\text{m}$ , como son la mayoría de las esporas y el polvo orgánico, pueden llegar hasta las vías respiratorias bajas, incluso a los alvéolos, donde pueden originar reacciones asmáticas, si son partículas de naturaleza antigénica, o ser absorbidas y surtir efecto biológico en el caso de las micotoxinas (Crook & Burton, 2010)

Numerosos estudios han relacionado el grado de sensibilización y exposición a alérgenos fúngicos con la gravedad del asma en pacientes asmáticos alérgicos a hongos, observándose, además, variaciones estacionales significativas en el número y gravedad de las exacerbaciones asmáticas en estas poblaciones de pacientes (Fraj & Briñez, 2011).

En el 2012, 17,6 millones de adultos fueron diagnosticados con fiebre del heno, lo que representa aproximadamente el 17,5% de la población total. En el mismo periodo de tiempo, 6,6 millones de niños (9%) experimentaron síntomas de fiebre del heno. Se estima que el 7,8% de los adultos en los Estados Unidos se ven afectados por la rinitis alérgica, también conocida comúnmente como fiebre del heno. (Smith, 2019).

Las enfermedades alérgicas constituyen un problema importante de salud pública en la mayoría de los países del mundo. Algunas son causadas por hongos oportunistas y pueden manifestarse de diversas formas en las personas que trabajan en áreas (interiores o exteriores) contaminadas por estos hongos, afectando a un grupo de individuos o exclusivamente a una persona. Por tal razón, la investigación busca responder a la interrogante.

### **1.3 Enunciado del problema.**

¿Está relacionada la micota ambiental con síntomas de alergia en los trabajadores de los Laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental?

#### 1.4 Justificación del estudio

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. La presencia de uno u otro tipo depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia del microorganismo. Algunos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas, pero los más frecuentes son las formas esporuladas, ya que las esporas son metabólicamente menos activas y sobreviven mejor en la atmósfera porque soportan la desecación (Rosa, Mosso & Ullàn, 2002).

La respiración de altas concentraciones de esporas fúngicas se asocia a procesos de reacciones alérgicas e hipersensibilidad, lo que hace a los hongos altamente alérgenos, los hongos filamentosos están asociados a alergias respiratorias.

La investigación promueve conocer la carga fúngica o la presencia de esporas que son las responsables de producir estados de alergia en quienes hacen uso de los laboratorios como parte de la salud ambiental. Además, se puede asegurar que no hay investigaciones al respecto en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, por lo tanto, es de suma importancia la realización de esta.

Dado que existe riesgo a la exposición a los agentes biológicos, lo cual trae como consecuencia la infección de quienes están expuestos, esta investigación tiene como fin conocer los géneros de hongos filamentosos abundantes en el ambiente de los laboratorios de Ciencias Naturales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, por lo tanto, la utilidad de esta investigación radica en la obtención del conocimiento de los principales estados de alergias relacionados con hongos filamentosos, a los que los trabajadores del departamento de Ciencias Naturales se ven expuestos.



## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Estudiar la micota ambiental de los laboratorios de ciencias naturales y su relación con síntomas de alergias respiratorias en los trabajadores en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Identificar a nivel micro y macroscópico los principales hongos aislados usando los medios de cultivo Agar Glucosado de Sabouraud y Papa dextrosa Agar junto con el lactofenol azul algodón.
- Determinar la frecuencia de las principales especies de hongos aislados del ambiente de los Laboratorios del departamento de Ciencias Naturales
- Describir los principales síntomas de alergia relacionados con los hongos filamentosos encontrados.

## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.

### 2.1 Marco Histórico.

La existencia de una multitud de corpúsculos en el aire fue observada desde la antigüedad. Lucretius (55 a. C.) observó partículas de polvo brillando en un rayo de sol en una habitación oscura y concluyó que se debía al bombardeo de innumerables e invisibles átomos del aire, fue necesario esperar al descubrimiento del microscopio para ver que en el aire había microorganismos vivos (De La Rosa, 2002)

En el siglo XVI, el botánico Valerius Cordus, observó las esporas de hongos, pero fue el primero en dibujarlas Micheli (1679-1737) al observar las esporas de los mohos que se transmitían por el aire (Miquel & Cambert, 1901, citado en De la Rosa *et al*, 2002).

Micheli, quien, sembrando esporas de mohos en trozos frescos de melón, membrillo y pera, observó que estos se reproducían durante varias generaciones, detectando que podía haber contaminaciones, y concluyendo que las esporas de los mohos se dispersaban a través del aire (Gregory, 1973).

En 1882 Pierre Miquel quien fue el investigador que más estudió los microorganismos del aire, demostró que a medida que aumenta la altitud, disminuye el número de microorganismos, un análisis que realizó desde el tejado del Panteón de Paris (82 m). Posteriormente, otros investigadores corroboraron esta afirmación. Así en 1883 y 1884, Freudenreich, estudiando el aire de diversos picos de los Alpes, concluyó que a 300 m hay muy pocos microorganismos y que por encima de 4.000 la pureza era absoluta (De la Rosa, 2002)

Beackley, en 1873 supuso que las esporas fúngicas del aire estaban relacionadas con enfermedades alérgicas, pero esto no fue tomado en cuenta hasta que se reanudó la investigación de esporas fúngicas. En trabajos realizados se han demostrado que los agentes de enfermedades micóticas del hombre, pueden ser adquiridas por vía aérea y causar enfermedades como el asma, alergias y otras más (Esquivel, 1988).

El estudio del aire se vio influenciado por la aparición de una nueva ciencia multidisciplinaria con el nombre de Aerobiología, término que fue acuñado en los años 30 por Fred C. Meier con el fin de incluir bajo esta denominación los estudios que se estaban realizando sobre las esporas de los hongos, granos de polen y bacterias contenidas en la atmósfera (Gregory, 1973). Sin embargo, Pathirane (1975) consideró la Aerobiología como una ciencia multidisciplinaria la cual comprende la liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia atmosférica de esporas, pólenes y otros microorganismos aerovagantes (Recio, 1999).

A lo largo del siglo XX el interés por la Microbiología del aire ha sido variable alternándose épocas de entusiasmo con otras de escepticismo. (De la Rosa y otros, 2002). Actualmente se incluyen también dentro de esta ciencia el estudio de las partículas y gases abióticos que pueden incidir sobre los organismos vivos como, por ejemplo, plomo, mercurio, asbestos, cadmio, monóxido de carbono, dióxido sulfúrico, etc. (Nilsson, 1992). Se definen diferentes campos dentro de esta disciplina siendo uno de ellos la Aeromicrobiología, que estudia los microorganismos transportados por el aire (Sanchez & Almaguer, 2014).

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 Características generales de los hongos.**

Los hongos fueron unos de los primeros organismos que aparecieron en el planeta Tierra, hace aproximadamente 300 millones de años. Los hongos están constituidos por células eucariotas, a diferencia de las bacterias, que están constituidas por células procariotas (Daza, 2018).

Entre los microorganismos, los hongos son uno de los grupos más grandes y se aíslan prácticamente de cualquier ambiente, superficie y organismo vivo (animales, plantas, invertebrados, etc.). De hecho, las últimas estimaciones indican que hay cientos de miles de especies de hongos microscópicos. Lo más interesante es que muchos de ellos todavía no se conocen, pero se sospecha que están ahí por el avance de la secuenciación masiva, que es una técnica que nos está abriendo nuevos horizontes en la identificación de organismos (Hernández, 2018).

De manera general, los hongos microscópicos se dividen en dos grupos: hongos filamentosos y levaduras. Los primeros son aquellos que crecen formando filamentos alargados, mientras que las levaduras son capaces de mantenerse en forma unicelular durante la mayor parte de su ciclo de vida. Los hongos microscópicos pueden reproducirse de manera asexual, en la que una célula da lugar a varias hijas. En el caso de los hongos filamentosos, las esporas, al germinar, forman un filamento, a partir del cual se forman estructuras especializadas que originan miles de nuevas esporas. Las levaduras tienen dos maneras de originar nuevas células. Una es por gemación, en la cual aparece en la célula madre una pequeña yema que va creciendo, y al final se separa, originándose la célula hija.

Hay otro mecanismo, que es la septación, que implica que la célula madre se fragmenta originando dos células idénticas. Pero, además, algunos hongos microscópicos también se reproducen de manera sexual. En este tipo de reproducción, dos células de tipo sexual diferente se fusionan y originan una célula diploide, la cual, según la especie, puede reproducirse y mantener la diploidía, o entrar en meiosis y producir una progenie de esporas haploides (Hernández, 2018).

### **2.2.2 Importancia de los hongos microscópicos para el hombre.**

Las capacidades fisiológicas de los hongos microscópicos saprobios han sido aprovechadas por el hombre desde tiempos remotos para producir alimentos y fármacos, incluso en procesos industriales. En la actualidad, en el supermercado y en nuestros hogares,

se encuentra con diversos productos que se han obtenido empleando micromicetos, tales como pan, cervezas, vinos, alcohol, medicamentos, entre otros. También con sus enzimas se fabrican telas, papel y ciertos artículos de piel. Pero sin duda, el descubrimiento de la producción del antibiótico penicilina por un hongo microscópico ha sido uno de los que ha tenido mayor impacto en la mejora de la calidad de vida del hombre moderno (Villalba, 2021).

Fue en 1928 cuando Alexander Fleming descubrió que el hongo *Penicillium chrysogenum* producía la penicilina y durante la segunda guerra mundial (1939-1945) se dio su industrialización. A partir de ese momento inició la producción de antibióticos por fermentación mediada por microorganismos (Villalba, 2021).

Ya para 1983 se habían reportado más de 5000 antibióticos, siendo el 23% biosintetizados por hongos. También se han obtenido otros fármacos de gran impacto, tales como la ciclosporina A y la lovastatina. El primero es un inmunosupresor coadyuvante en los trasplantes de órganos para evitar su rechazo y el segundo es utilizado en pacientes con hipercolesterolemia para reducir las concentraciones de colesterol y otras grasas (Abarca, 2008).

### **2.2. 3 Hongos Asociados a Humanos.**

Se estima que en nuestro cuerpo habitan varios miles de millones de hongos. La mayoría se encuentran en la piel, en las mucosas y en el tracto intestinal. La gran mayoría son comensales, es decir, se encuentran alojados en estos nichos de manera natural sin producir ninguna alteración fisiológica. De hecho, algunos de ellos están tan habituados a nuestro cuerpo que es difícil encontrarlos en otros nichos u organismos. Pero, además, otros muchos se adquieren del ambiente, con los que entramos en contacto, los inhalamos, o los ingerimos con los alimentos. Y este contacto es constante, ya que los hongos se encuentran en gran multitud de sitios, incluso flotando en el aire (Hernández, 2018).

Los hongos pueden causar diferentes tipos de enfermedades, pudiéndose clasificar en superficiales, alérgicas, crónicas o diseminadas. Las enfermedades superficiales son aquellas

que se producen en la piel, las uñas y las mucosas. Además, cuando entramos en contacto con determinados hongos, sus antígenos pueden inducir a reacciones alérgicas, que suelen afectar al aparato respiratorio. En estos casos, suele producirse una irritación e inflamación que produce problemas respiratorios. También pueden causar infecciones crónicas, en las que una cantidad del hongo permanece en un lugar del cuerpo durante largos periodos de tiempo (Hernández, 2018).

En cambio, las infecciones diseminadas son aquellas en las que el hongo es capaz de invadir y colonizar el interior de nuestro cuerpo; en este caso pueden encontrarse en una gran variedad de órganos, como el hígado, el riñón, el bazo e incluso el torrente sanguíneo y el cerebro. En estos casos, ya no estamos hablando de infecciones que podemos manejar o con las que podemos convivir (como puedan ser las superficiales). En este caso, tratamos de infecciones que suponen un riesgo real para la vida del paciente, y que con bastante frecuencia resultan en la muerte de la persona infectada. Por ello, a este tipo de alteraciones se les denomina enfermedades fúngicas invasoras (Hernández, 2018).

#### **2.2.4 Aerobiología**

La aerobiología en hongos se divide en intramural o de interiores, y extramural o de exteriores, los cuales se basan si un edificio esta ventilado de forma natural o de manera mecánica, la cantidad de esporas de hongos traídas por el viento será de menor o mayor cantidad. En cualquier caso, los diferentes tipos de hongos encontrados del interior deberían corresponder a las especies del exterior propias de la estación climática. El nivel aceptable de partículas aéreas todavía no ha sido establecido, ya que depende de diferentes factores presentes en el exterior y en el interior de las edificaciones, por esta razón, cada ambiente interno debería ser considerado como un caso único e independiente (Caicedo, 2015)

Las partículas presentes en el aire son muy diversas en cuanto a origen y tamaño; podemos encontrar virus, bacterias, polen, esporas, fragmentos de plantas, pelos y escamas de animales, algas, semillas diminutas e insectos. También se consideran metabolitos como

micotoxinas, ácaros y material fecal, proteínas urinarias de animales de laboratorio y animales de granja, partículas orgánicas de procesos industriales, que pueden estar presentes en ambientes de interior y en exteriores (Cervigón *et al.*, 2016).

### **2.2.5 Hongos del aire.**

De todos los tipos de microorganismos presentes en la atmósfera, las esporas de los hongos (células encargadas de la reproducción) representan el grupo más numeroso. Estas esporas obtienen concentraciones muy significativas en determinadas épocas (Arenas, 2015). Las esporas fúngicas son elementos normales de ambientes externos. El aire de muchos ambientes internos también contiene esporas, por ejemplo, se pueden encontrar esporas de diversos géneros de hongos como lo son *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor* y *Rhizopus*, entre otros. Actualmente, se conoce que el aire presente en los ambientes exteriores puede ser la fuente de esporas fúngicas contaminantes de los ambientes internos (Arenas, 2015).

### **2.2.6 Contaminación por hongos**

Los ambientes internos 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 (Yang *et al.*, 2007)

La mayoría de los hongos presentes en los ambientes internos son saprofitos, 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 (Albright, 2001).

### **2.2.7 Impacto en el personal que trabaja en laboratorios.**

Hongos como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp y *Cladosporium* spp. son los géneros más comúnmente aislados en ambiente interior. La mayoría de estos hongos causan enfermedades oportunistas. Esto sucede cuando los mecanismos de defensa de las personas cambian, consecuencia de las enfermedades (diabetes, tuberculosis, asma bronquial,

tumores, etc.), lesiones como quemaduras y objetos extraños, además el uso continuo de antibióticos, agentes inmunosupresores como la cortisona y sus derivados, agentes citostáticos y exposición a la radiación. Por lo tanto, en todos los trabajadores que en un momento dado estén comprendidos en uno de los grupos de riesgos antes mencionados, cuando se exponen ocupacionalmente a estos microorganismos, pueden desarrollar enfermedades causadas por estos microorganismos (Sarduy *et al*, 2003).

El género ***Aspergillus*** cuyas esporas se dispersan fácilmente en el ambiente, logran causar alergias debido a la inhalación u otros contactos con el hongo, por sujetos alérgicos. Afecta a nivel de tracto respiratorio superior causando rinitis, puede desencadenarse una alveolitis o desarrollarse un proceso asmático, conjuntivitis o dermatitis. La gran mayoría de los asmáticos muestran evidencias de sensibilización a especies de ***A. flavus***, ***A. niger*** y ***A. terreus***. Además, el ***A. flavus*** está asociado con aspergillosis en los pulmones y es identificado ocasionalmente como la causa de infecciones en la córnea, otomicóticas y en los senos nasales. ***A. niger*** ha sido reportado que causa infecciones en la piel y pulmonares y de ser la causa común de infecciones en los ojos y oncomicosis esta no es demasiado frecuente.

Ciertas especies como ***A. fumigatus*** y ***A. versicolor*** pueden afectar a uñas distróficas, dando lugar a hiperqueratosis y a un cambio en la coloración de las mismas. La Otomicosis producidas principalmente por ***A. niger*** y ***A. fumigatus***. ***A. terreus*** está asociado con aspergillosis en los pulmones y(o) diseminada y ha sido encontrado en casos de otomicosis, infecciones en los ojos y onicomicosis en las uñas de los dedos. Algunos reportes mencionan al ***A. versicolor*** en lesiones nodulares humanas (Klich, 1993).

Algunas especies de ***Penicillium*** sp. y ***Scopulariopsis*** sp. han sido aisladas de pacientes con enfermedades broncopulmonares y en casos de otomicosis y queratitis micótica. El género ***Cladosporium*** sp. Se reporta en alergias respiratorias (asma extrínseca) y los síntomas pueden ser edema, broncoespasmo, así como en los casos crónicos, enfisema pulmonar (Sarduy *et al*, 2003).



Las especies de *Alternaria* sp. se reportan enfermedades pulmonares alérgicas como la neumonitis por hipersensibilidad causada por la exposición al trabajo de maderas (pulpa de madera enmohecida) en la industria (Sarduy *et al*, 2003). Se le asocia indiscutiblemente con la producción de cuadros de rinoconjuntivitis alérgica y asma bronquial. A diferencia de los pólenes, que producen principalmente rinoconjuntivitis alérgica, *Alternaria* produce con mayor frecuencia la asociación de esta con asma, sobre todo en niños y en situaciones de exposición como lo son lugares húmedos con material orgánico Ej.: pastizales jardines, regadíos etc. Los síntomas por alergia a este hongo son más frecuentes en primavera tardía y otoño (Garrett *et al.*, 1998).

Los géneros *Rhizopus* y *Mucor* son los más comúnmente aislados en zigomicosis (Ficomicosis y Mucormicosis), con una profunda invasión micótica que envuelve las órbitas y los senos nasales, con extensión directa a las meninges y cerebro. La Mucormicosis pulmonar se inicia por inhalación de esporas. Puede presentar manifestaciones de bronquitis, bronconeumonía, embolia o cavitación pulmonar (Logeman, 1995). El género *Fusarium* es alergénico y está involucrado en infecciones de los ojos como las Queratomicosis, generalmente confundidos por infecciones bacterianas por lo que es común que la infección llegue al oftalmólogo en mal estado, poniendo en muy alto el riesgo de perder el ojo, la piel y las uñas, y es la causa más común de keratitis micótica (Sarduy *et al*, 2003).

#### **2.2.8 Medios de cultivo.**

La composición básica de un medio incluye nutrientes, agente solidificante (en los medios sólidos o semisólidos), pH adecuado y componentes específicos. En los medios de cultivo para el aislamiento de hongos, los antimicrobianos se utilizan con frecuencia, tanto para inhibir el crecimiento bacteriano como el de otros hongos ambientales. Atendiendo a su composición, los medios de cultivo pueden ser generales, enriquecidos, selectivos, diferenciales y especializados (López., *et al* 2007).

En esta investigación se utilizaron los medios de cultivo Agar Glucosado de Sabouraud y Papa dextrosa Agar.

Siendo el cultivo Agar Glucosado de Sabouraud utilizado para el aislamiento, identificación y conservación de hongos patógenos y saprofitos. También es útil para el cultivo de levaduras. En el medio de cultivo, la peptona, la tripteina y la glucosa son los nutrientes para el desarrollo de microorganismos. El alto contenido de glucosa, la presencia de cloranfenicol y el pH ácido, inhiben el desarrollo bacteriano y favorecen el crecimiento de hongos y levaduras. El agar es el agente solidificante, puede ser suplementado con otros agentes selectivos de crecimiento.

El Papa dextrosa Agar (PDA), es un medio de cultivo que aporta los elementos nutricionales necesarios para el desarrollo de hongos filamentosos y levaduras. La combinación de la infusión de papa con la glucosa proporciona la fuente de energía perfecta para que exista un crecimiento satisfactorio de los hongos, mientras que el agar es quien brinda la consistencia del medio, puede ser suplementado con ácidos o antibióticos para inhibir el crecimiento bacteriano. Este medio puede ser usado para el cultivo de levaduras y mohos clínicamente significativos. La base (infusión papa) nutricionalmente rica, estimula la esporulación de los mohos y la producción de pigmentos en algunos dermatofitos.

### **2.2.9 Diagnóstico para alergia**

Para diagnosticar las alergias respiratorias se pueden realizar las siguientes pruebas:

#### **Prueba de cultivo fúngico**

Una prueba de cultivo fúngico ayuda a diagnosticar las infecciones por hongos. Estas infecciones fúngicas pueden ocurrir por la exposición a hongos. Ayuda a identificar el tipo de hongo, esta prueba también ayuda a encontrar el tratamiento adecuado. (Medline Plus, 2020).

#### **Cultivo de esputo**

El esputo es una mucosidad espesa que se expectora (escupe) desde los pulmones. Es diferente de escupitajo o de la saliva. Se usa para diagnosticar infecciones por hongos en las vías respiratorias (Medline Plus, 2020)

### **Muestras Clínicas para Diagnóstico.**

- Muestra con hisopo
- Sangre (IgE)
- Esputo.

### **2.2.10 Tratamiento.**

#### **2.2.10.1 Farmacoterapia.**

Los fármacos actualmente empleados en el tratamiento de alergias a hongos se pueden dividir en fármacos antiinflamatorios (corticoides, cromonas y antileucotrienos) y broncodilatadores (agonistas  $\beta_2$ ). En el caso de la rinitis los principales fármacos utilizados son antihistamínicos y corticoides nasales. La indicación de uno u otro de estos fármacos dependerá de la gravedad de la enfermedad (Sly, 1997).

#### **2.2.10.2 Inmunoterapia.**

La inmunoterapia es hoy por hoy el único tratamiento etiológico de las enfermedades alérgicas respiratorias mediadas por anticuerpos IgE específicos. Su eficacia clínica ha sido demostrada siempre que se realice una indicación correcta, basada en la demostración de que la sensibilización al alérgeno juega un papel relevante en el desarrollo de los síntomas y la severidad de la enfermedad, se disponga de extractos alérgicos de alta calidad adecuados para procedimientos terapéuticos, y se realice su administración a dosis apropiadas y durante un tiempo adecuado (3-5 años). Por otro lado, otro requisito previo a la instauración de la inmunoterapia debe ser la imposibilidad para evitar o eliminar al alérgeno causante del cuadro clínico, como es el caso de los alérgenos ubicuos, entre los que se encuentran los hongos (Bousquet, *et al* 1998).

### 2.2.11 Prevención y control

Con la prevención se busca realizar medidas que prevengan la presencia de síntomas de alergias respiratorias producidas por hongos.

#### Algunas medidas de prevención son:

- Protegerse los ojos con gafas, cubrir la nariz y boca con mascarilla
- Ventilar el laboratorio todos los días
- Limpiar las mesas y estantes que se encuentran en el laboratorio
- Mantener buena higiene en pisos, paredes, ventanas y enclavado

### 2.2.12 Reporte de laboratorio.

Se deberá describir la presencia de hifas, su diámetro, ramificación, la presencia de septos o su ausencia, si el micelio es hialino o dematiáceo. De ninguna manera se podrá informar género o especie con estos datos. *Aspergillus* en general producen hifas tabicadas hialinas de 2 a 4  $\mu\text{m}$  de diámetro que se ramifican dicotómicamente en  $45^\circ$ , al igual que *Fusarium*, *Scedosporium*, entre otros géneros. La presencia de otras estructuras fúngicas como conidióforos, vesículas, fialides o conidios, se observan muy raramente en las muestras y pueden ser vistas en algunas lesiones cavitadas que comunican directamente con el árbol traqueobronquial (Cruz, 2014).

Los hongos inferiores *Rhizopus spp*, *Lichtheimia spp*, *Mucor spp*. producen hifas no septadas, de pared gruesa, algunas de las cuales pueden mostrar ramificaciones en  $90^\circ$ . Se debe tener en cuenta que en tejidos la morfología típica de los hongos se puede perder, razón por la cual el cultivo resulta fundamental en la identificación del género y especie (Cruz, 2014).

## CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.

### 3. Diseño Metodológico

### 3.1 Tipo de investigación

**Estudio descriptivo:** se aplicó una metodología para determinar los síntomas de alergias producidas por microhongos.

**Transversal:** Puesto que, con este estudio se pudo conocer la existencia de síntomas de alergias producidos por microhongos en un punto determinado y por un periodo de tiempo.

### 3.2 Población y Muestra

#### 3.2.1 Población

Está constituido por 30 personas (docentes, laboratoristas, ordenanzas y estudiantes) que hacen uso de los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales.

#### 3.2.2. Muestra.

Está constituida por los laboratoristas, que realizan su trabajo en los Laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

### 3.3 Criterios para establecer la muestra.

#### 3.3.1 Criterios de inclusión

- Personal de laboratorio que trabaja al menos 4 horas diarias en el laboratorio.
- Personal de laboratorio que esté en contacto a diario con material contaminante capaz de producir reacciones alérgicas.

#### 3.3.2 Criterios de exclusión

- Personal que trabaja menos de 4 horas diarias en el laboratorio.
- Personal que no esté en contacto a diario con material contaminante capaz de producir reacciones alérgicas

### 3.4 Tipo de muestreo

**Muestreo estratificado:** ya que en este estudio la población se dividió en grupos más pequeños, conocidos como estratos, que, a su vez, estos estratos se forman en función de los atributos o características compartidos de los miembros.

### **3.5 Recursos**

#### **humanos:**

- Asesor.
- Laboratoristas de las Secciones de Biología, Física y Química.
- Investigadores.

### **3.6 Materiales:**

- Agar glucosado de Saboraud.
- Papa Dextrosa Agar
- Cajas petri.
- Guantes de látex.
- Mascarillas.
- Lysol.
- Laminas
- Cinta engomada.
- Plumones.
- Agua destilada.

### **3.7 Reactivos:**

- Azul de lactofenol.
- Hidróxido de potasio 10%

### **3.8 Cristalería:**

- Beaker.
- Probetas.

### **3.9 Equipo:**

- Microscopio compuesto de campo claro
- Mechero de Bunsen

### **3.10 Institucionales:**

- Laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales y Matemática.

### **3.11 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.11.1 Técnicas del trabajo de campo.**

- Observación: se realizó una lista de chequeo en los laboratorios; donde se observó el estado de las instalaciones, suelos, pasillos y mobiliario, para determinar si su estado afecta el crecimiento de cepas fúngicas.
- Selección de puntos de muestreos: Se seleccionaron puntos de muestreos estratégicos donde se colocaron las placas de Petri.
- Colocación de placas: Se colocaron 20 placas en el laboratorio de la Sección de Química, 10 en los laboratorios de la Sección Física; 5 en cada laboratorio y 20 en los laboratorios de la Sección de Biología; 5 en el laboratorio A, 5 en el laboratorio B y 10 en el laboratorio C.
- Aplicación de cuestionarios: Se aplicaron dos cuestionarios a cada uno de los laboratoristas del Departamento de Ciencias Naturales, el cuestionario ayudó a determinar si existe una relación entre los síntomas de alergia en la presencia de microhongos encontrados en los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales.

#### **3.11.2 Técnicas de laboratorio.**

- Elaboración de medios de cultivo: Medio de Cultivo Papa Dextrosa Agar y Agar Glucosado de Sabouraud. En un medio de cultivo nutritivo no selectivo, en el cual la infusión de papa y la glucosa favorecen el desarrollo exuberante de hongos y levaduras. El agar es el agente solidificante. Es diferencial en base a la producción de pigmentos por los microorganismos que crecen en el mismo. Puede lograrse un medio selectivo si al medio de cultivo una vez esterilizado se lo lleva a pH final:  $3.5 \pm 0.2$  mediante el agregado de ácido tartárico.

- Disociación de las colonias y mediante el sistema de la cinta adherente: Se utilizó la cinta adherente en el medio de cultivo para obtener una muestra de la colonia más dominante, luego se situó en una lámina y se agregará una gota de azul de lactofenol.
- Identificación de cepas fúngicas, a través del microscopio compuesto de campo claro: se colocó la lámina que contenía el disociado en el microscopio compuesto de campo claro y se observaron en los objetivos 10x y 40x, para identificar las especies fúngicas.

### **3.12 Instrumentos**

- Para la recolección de la información acerca de la calidad del aire del entorno de trabajo relacionada con posibles reacciones alérgicas provocadas por hongos se utilizará como instrumento un cuestionario.
- Fichas de recolección de datos: este instrumento nos permitió registrar los datos cuantitativamente.
- Boleta de identificación macroscópica y microscópica de cepas fúngicas (anexo 18).
- Medios de cultivo Agar Glucosado de Sabouraud y Papa Dextrosa Agar.
- Tinción: este instrumento nos permitió mejorar el contraste de la imagen vista al microscopio.
- Microscopía óptica: nos permitió la identificación de las cepas fúngica obtenidas en el medio de cultivo.
- Lista de chequeo: este instrumento nos permitió analizar el estado de las instalaciones (anexo 19)



### **3.13 Plan de análisis**

#### **3.13.1 Método de muestreo ambiental.**

El muestreo ambiental fue mensual por un periodo de 5 meses (septiembre de 2022 a enero de 2023). Las muestras se tomaron entre las 9 am y 12:30 pm. La toma de las muestras se realizó con una diferencia de una hora en cada laboratorio.

Para el muestreo de hongos anemófilos se utilizó el método de deposición gravitacional horizontal. Las placas de Petri con el medio de cultivo se colocaron durante 20 minutos.

#### **3.13.2 Cultivo, transporte e incubación:**

En cada muestreo las cajas Petri fueron debidamente codificadas y se transportaron dentro de hieleras, para luego proceder a su incubación. Una vez estaban en el laboratorio serán incubadas protegiéndolas de la luz a una temperatura de 25°-27° de 6 hasta 8 días, con una observación diario hasta el crecimiento de las colonias visibles.

#### **3.13.3 Identificación de hongos.**

La identificación de los hongos se realizó según la microscopía y la macroscopía de la colonia, analizando su anverso y el reverso, y las características microscópicas de los hongos. Las observaciones microscópicas se efectuaron por disociación de las colonias y mediante el sistema de la cinta adherente, utilizando azul de lactofenol.

### **3.14 Factores climáticos:**

Los factores climáticos de la Ciudad de San Miguel fueron tomados de la Base de datos de Weather Spark, los cuales se consultaron en el siguiente enlace:

<https://es.weatherspark.com/> se tomaron en cuenta los siguientes datos: Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación.

### **3.15 Estudio epidemiológico:**

Se evaluó al personal que trabaja (con tiempos de permanencia prolongados en estos espacios) en los laboratorios del departamento de Ciencias Naturales y Matemática para determinar las posibles afecciones alérgicas y el ambiente de trabajo en el que laboran.

### **3.16 Análisis de resultado:**

Se realizó una estadística descriptiva como la enumeración de las especies fúngicas identificadas y frecuencia en general. Para la evaluación de los resultados se elaborarán cuadros y gráficos donde se mostrarán de forma simplificada los resultados.

### **3.17 Riesgos y beneficios**

#### **3.17.1 Riesgos**

- 1- Contaminación provocada por mala manipulación de muestras.
- 2- Infección adquirida por contacto directo con muestras.
- 3- Muestras eliminadas por su pérdida.
- 4- Clasificación errada de los géneros de especies de microhongos.
- 5- Rotulación errada de las muestras.

#### **3.17.2 Beneficios**

- 1- Conocimiento y obtención de la clasificación de los géneros de microhongos que componen la micota ambiental de los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales.
- 2- Conocimiento de los géneros de microhongos más abundantes en los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales.
- 3- Identificación de los géneros de microhongos causantes de alergias respiratorias.
- 4- Conocimiento de la relación de la micota ambiental de los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales con síntomas de alergias respiratorias en los trabajadores.
- 5- Obtención de medidas a tomar para evitar alergias respiratorias causadas por microhongos en los trabajadores

### 3.18 Consideraciones éticas.

1. **Valor:** la investigación determinó la micota ambiental de los laboratorios del departamento de Ciencias Naturales y Matemática y su relación con síntomas de alergias en los trabajadores.
2. **Validez científica:** la investigación fue metodológicamente sensata de manera que las personas que participaron en la investigación no perdieron su tiempo.
3. **Proporción favorable de riesgo:** los riesgos de esta investigación en los participantes de la investigación serán mínimos.
4. **La selección de seres humanos:** los participantes en esta investigación fueron seleccionados de una manera justa y equitativa sin prejuicios personales o preferencias.

## CÁPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

### 4. Resultados

En cada una de las Secciones del Departamento de Ciencias Naturales y Matemática (Biología, Física y Química) se muestrearon 6 laboratorios, en los Laboratorios de Biología se tomaron 20 muestras, en los Laboratorios de Física 10 muestras y en el laboratorio de Química se tomaron 20 muestras, siendo el tamaño y número de pequeños laboratorios con los que cuenta la Sección de Biología y Física la diferencia de cantidad de muestras tomadas en ellos, haciendo un total de 50 muestras por cada muestreo. Como el estudio se realizó en los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero, el total de muestras que se tomaron fueron 250 muestras.

Se detectó una gran diversidad de especies de hongos, que se ubicaron en 12 especies, además de micelios no esporulados. Se denotó gran diferencia entre los laboratorios, fue evidente el predominio de la especie *Aspergillus niger*, ya que fue el más dominante en todos los laboratorios durante los meses que se realizó el muestreo.

Para verificar los datos sobre la presentación de síntomas y la calidad del aire del entorno de trabajo de los laboratoristas se realizaron dos cuestionarios, los cuales demostraron

el efecto que los microhongos tienen en la salud de estos trabajadores, presentándose síntomas como estornudos, lagrimeo y secreción nasal.

La lista de chequeo nos ayudo a verificar como se encontraban los laboratorios antes de realizar la colocación de las placas Petri, encontrándose polvo y humedad, lo que ayuda a que las esporas de los hongos germinen y se proliferen.

## 1. Laboratorio de Química.

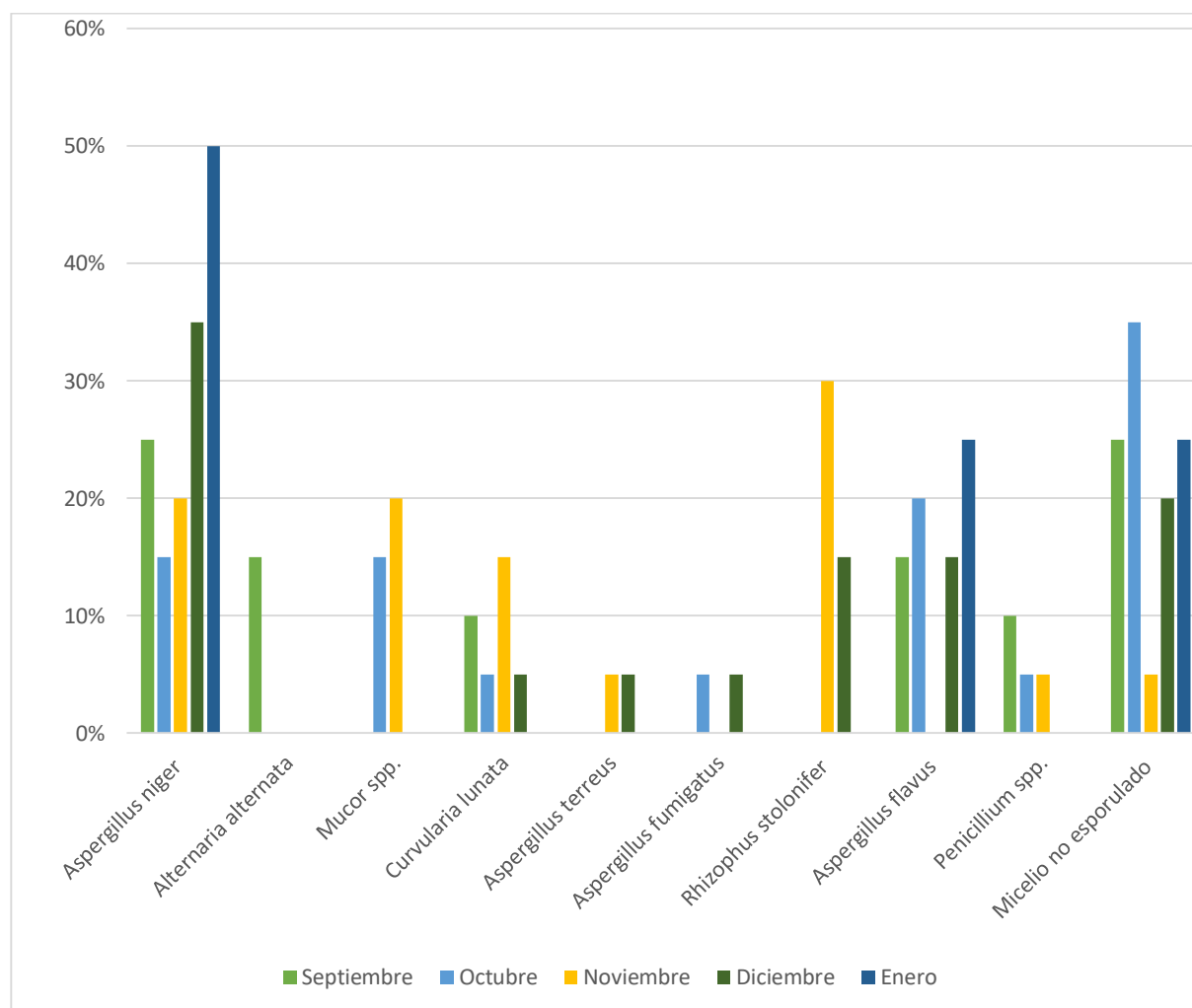
A continuación, se muestran las especies fúngicas identificadas en el Laboratorio de Química, a lo largo de los cinco meses de muestreo.

Cuadro 1: Principales especies identificadas en el Laboratorio de Química

Especies	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
<i>Aspergillus niger</i>	5	25%	3	15%	4	20%	7	35%	10	50%
<i>Alternaria alternata</i>	3	15%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Mucor spp.</i>	0	0%	3	15%	4	20%	0	0%	0	0%
<i>Curvularia lunata</i>	2	10%	1	5%	3	15%	1	5%	0	0%
<i>Aspergillus terreus</i>	0	0%	0	0%	1	5%	1	5%	0	0%
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0	0%	1	5%	0	0%	1	5%	0	0%
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	0%	0	0%	6	30%	3	15%	0	0%
<i>Aspergillus flavus</i>	3	15%	4	20%	0	0%	3	15%	5	25%
<i>Penicillium spp.</i>	2	10%	1	5%	1	5%	0	0%	0	0%
Micelio no esporulado	5	25%	7	35%	1	5%	4	20%	5	25%
<b>TOTAL</b>	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%

Fuente: datos experimentales obtenidos para este estudio.

**Gráfico 1 Porcentaje de especies identificadas en el Laboratorio de Química**



Fuente: Cuadro N°1

En la gráfica 1 se muestra que, en el Laboratorio de Química, de las especies fúngicas identificadas la que predominó fue *Aspergillus niger*, alcanzando su valor máximo durante el mes de enero (50%).

## 2. Laboratorios de Biología.

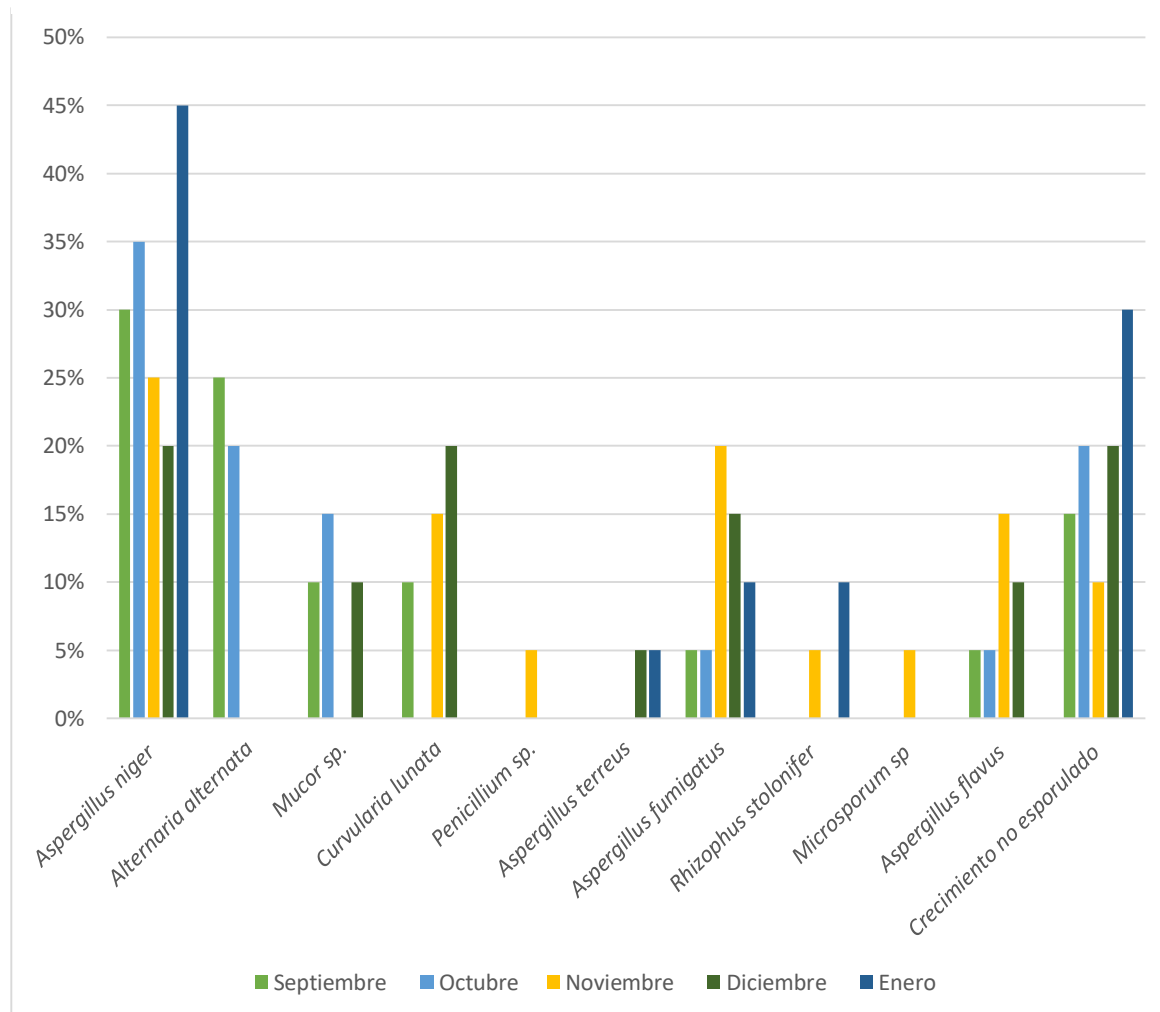
A continuación, se muestran las especies fúngicas identificadas en los Laboratorios de Biología, a lo largo de los cinco meses de muestreos.

**Cuadro 2: Principales especies identificadas en los Laboratorios de Biología**

Especies	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
<i>Aspergillus niger</i>	6	30%	7	35%	5	25%	4	20%	9	45%
<i>Alternaria alternata</i>	5	25%	4	20%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Mucor spp.</i>	2	10%	3	15%	0	0%	2	10%	0	0%
<i>Curvularia lunata</i>	2	10%	0	0%	3	15%	4	20%	0	0%
<i>Penicillium sp.</i>	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%
<i>Aspergillus terreus</i>	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	1	5%
<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	5%	1	5%	4	20%	3	15%	2	10%
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	2	10%
<i>Microsporum sp.</i>	0	0%	0	0%	1	5%	0	0%	0	0%
<i>Aspergillus flavus</i>	1	5%	1	5%	3	15%	2	10%	0	0%
<b>Crecimiento no esporulado</b>	3	15%	4	20%	2	10%	4	20%	6	30%
<b>TOTAL</b>	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%

Fuente: datos experimentales obtenidos para este estudio.

**Gráfico 2 Porcentaje de especies identificadas en los Laboratorios de Biología**



Fuente: cuadro N° 2

En la gráfica 2 se observa que, en los cinco meses de muestreo en los Laboratorios de Biología, ***Aspergillus niger*** ocupó el primer lugar en frecuencia de aparición, alcanzando su valor máximo durante el mes de enero (45%)



### 3. Laboratorios de Física.

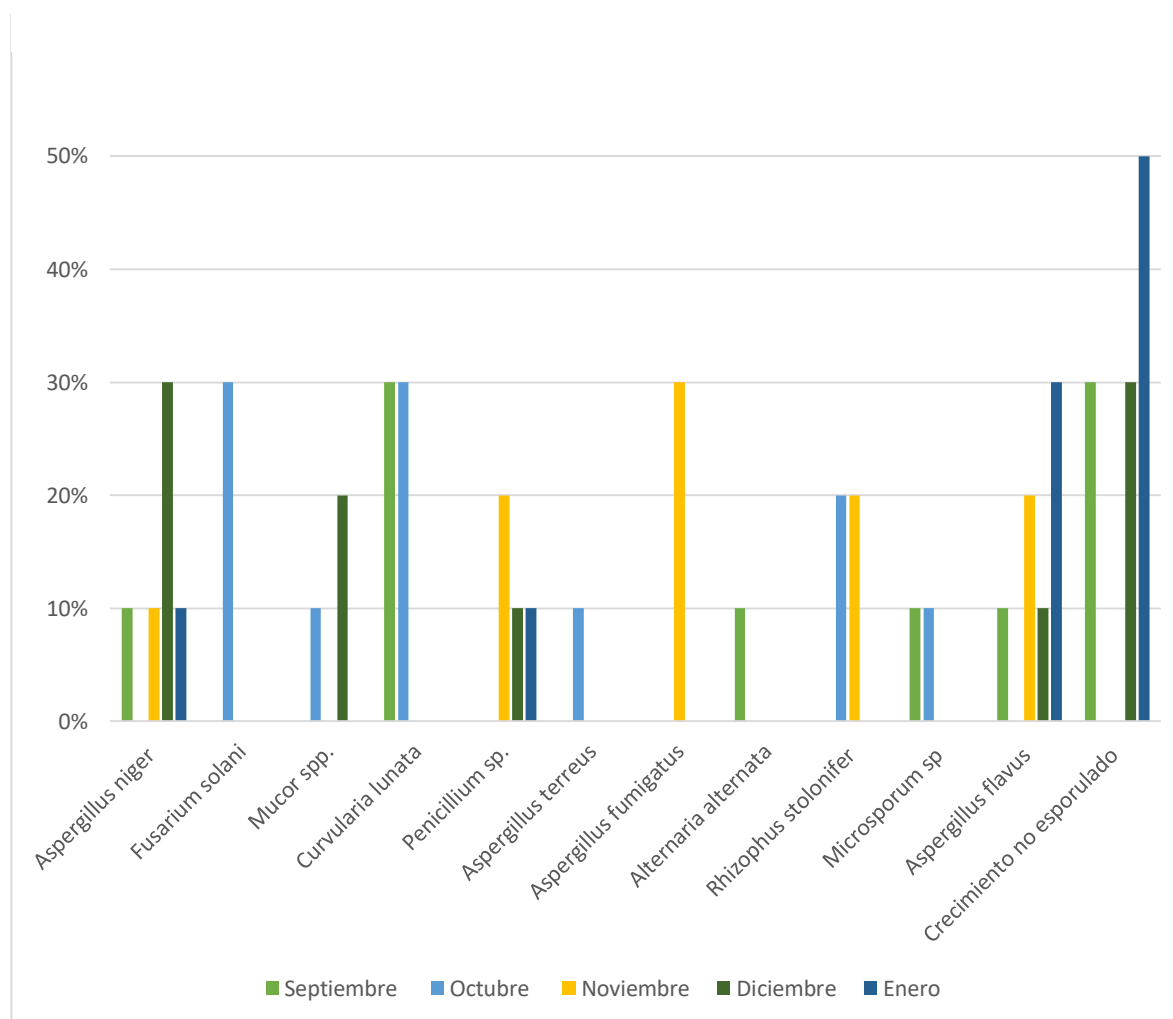
A continuación, se muestran las especies fúngicas identificadas en los laboratorios de Física, a lo largo de los cinco meses de muestreo.

**Cuadro 3: Principales especies identificadas en los Laboratorios de Física**

Especies	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
<i>Aspergillus niger</i>	1	10%	0	0%	1	10%	3	30%	1	10%
<i>Fusarium solani</i>	0	0%	3	30%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Mucor spp.</i>	0	0%	1	10%	0	0%	2	20%	0	0%
<i>Curvularia lunata</i>	3	30%	3	30%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Penicillium sp.</i>	0	0%	0	0%	2	20%	1	10%	1	10%
<i>Aspergillus terreus</i>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0	0%	0	0%	3	30%	0	0%	0	0%
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	0%	2	20%	2	20%	0	0%	0	0%
<i>Microsporum sp</i>	1	0%	0	10%	0	0%	0	0%	0	0%
<i>Aspergillus flavus</i>	1	10%	0	0%	2	20%	1	10%	3	30%
Crecimiento no esporulado	3	40%	0	0%	0	0%	3	30%	5	50%
<b>TOTAL</b>	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%

Fuente: datos experimentales obtenidos para este estudio.

**Gráfico 3: Porcentaje de especies identificadas en los Laboratorios de Física**



Fuente: Cuadro N°3

En el Gráfico 3, podemos observar las especies identificadas en los Laboratorios de Física, las especies fúngicas predominantes fueron ***Aspergillus niger*** y ***Curvularia lunata***, ***Aspergillus niger*** alcanzó su valor máximo en el mes de diciembre con un porcentaje de (30%), en los meses de septiembre, octubre y enero alcanzo un valor de (10%), mientras que ***Curvularia lunata*** estuvo presente en los meses de septiembre y octubre con un valor de (30%).

#### 4.1 Análisis de cuestionario sobre la calidad del aire del entorno de trabajo relacionada con posibles síntomas de alergia provocadas por hongos.

**Cuadro 4: Datos epidemiológicos, según el cuestionario sobre la calidad del aire del entorno de trabajo relacionada con posibles síntomas de alergia provocadas por hongos.**

Código de trabajador	Genero		Edad		Síntomas		Alergia			Lugar/Síntomas				
	M	F	< 40	>40	Si	No	AD	AND	Neg.	Lab	Casa	Casa y Lab.	Neg.	
T1	✓			✓	✓					✓	✓			
T2	✓		✓		✓					✓	✓			
T3	✓			✓	✓					✓	✓			
T4	✓			✓	✓					✓	✓		✓	

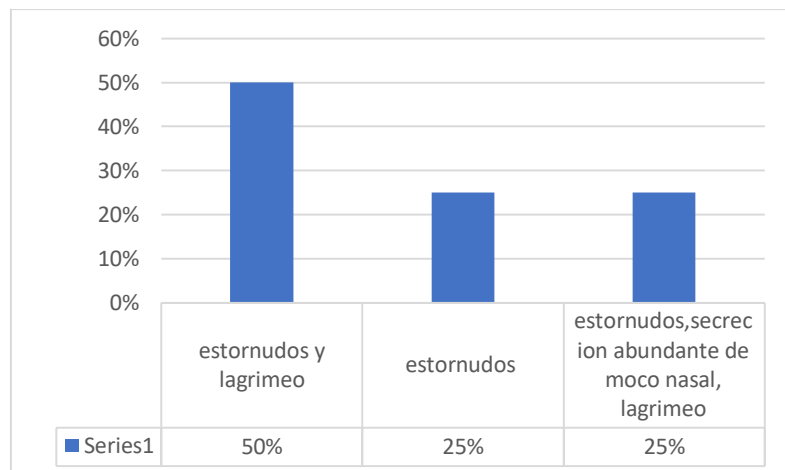
*AD: Alergia diagnosticada, AND: Alergia no diagnosticada, Neg.: Negativo, Lab.; Laboratorio.*

Síntomas presentados	Frecuencia
Estornudos	3
Lagrimo	2
Secreción abundante de moco nasal	1

**Cuadro 5: Cuadro de síntomas de alergia comunes fuera de procesos gripales**

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4 Síntomas comunes fuera de procesos gripales**



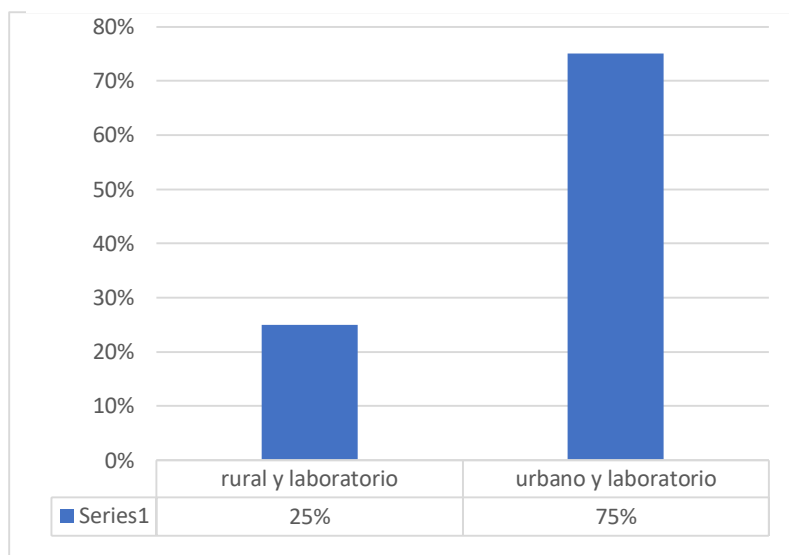
Fuente: Cuadro N° 5.

Del total de encuestados el 50% aseguró presentar estornudos y lagrimeo como síntomas, el 25% solamente estornudos y el otro 25% estornudos, secreción abundante de moco nasal y lagrimeo.

**Cuadro 6: Ambiente donde los síntomas suelen presentarse con mayor frecuencia**

Zona	Frecuencia
Rural	1
Urbano	3
Laboratorio	4

**Gráfico 5: Porcentaje del ambiente donde los síntomas suelen presentarse con mayor frecuencia**



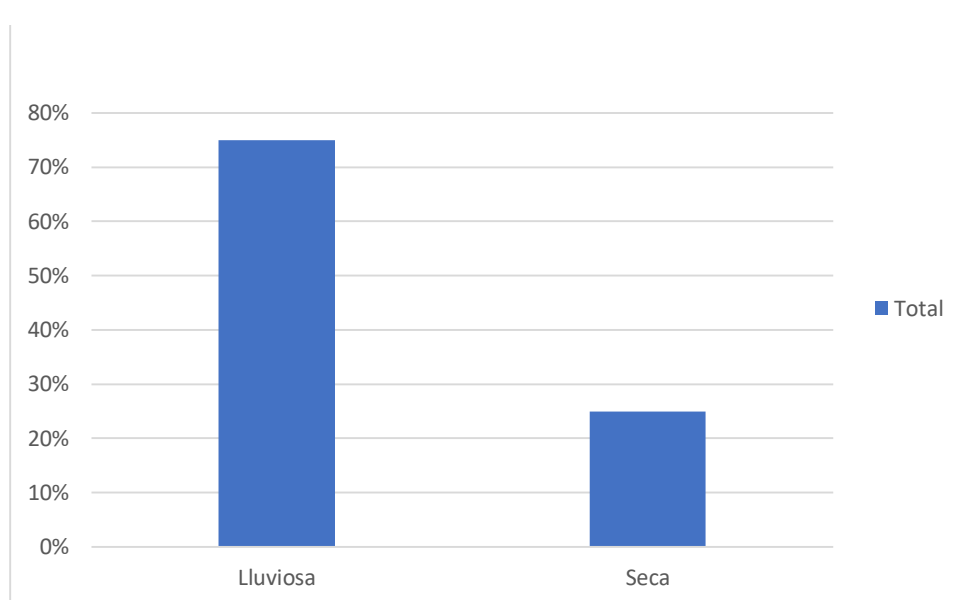
Fuente: Cuadro N° 6.

Del tipo de ambiente donde los síntomas suelen presentarse con mayor frecuencia, el 25% aseguro que en la zona rural y en el laboratorio, teniéndose el 75% quienes dijeron que la zona urbana y el laboratorio como el ambiente donde más presentaban los síntomas.

**Cuadro 7: Época del año donde más síntomas se presentan**

Época del año	Frecuencia
Lluviosa	3
Seca	1

**Gráfico 6: Porcentaje de época en el que se presentan más los síntomas**



Fuente: cuadro 7

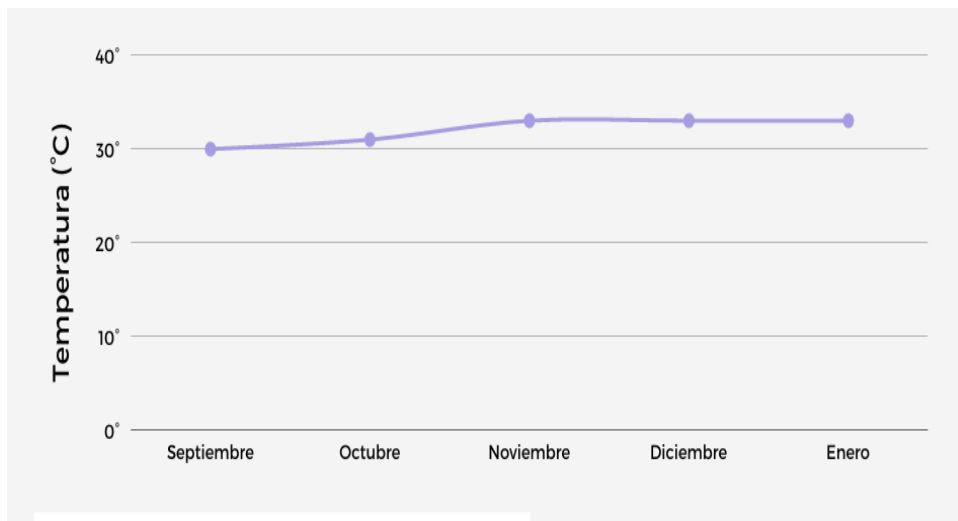
En cuanto a los meses en los que los encuestados presentan los síntomas el 75% aseguro ser en época lluviosa, siendo esta conocida como invierno, comprendiendo los meses de mayo a octubre y el 25% aseguro ser la época seca, siendo esta conocida como verano, comprendiendo los meses de noviembre a abril.

**Cuadro 8: Factores climáticos promedio durante los muestreos**

Meses	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
<i>Septiembre</i>	30°	99%	157 mm
<i>Octubre</i>	31°	96%	63 mm
<i>Noviembre</i>	33°	69%	9 mm
<i>Diciembre</i>	33°	59%	3 mm
<i>Enero</i>	33°	33%	1 mm

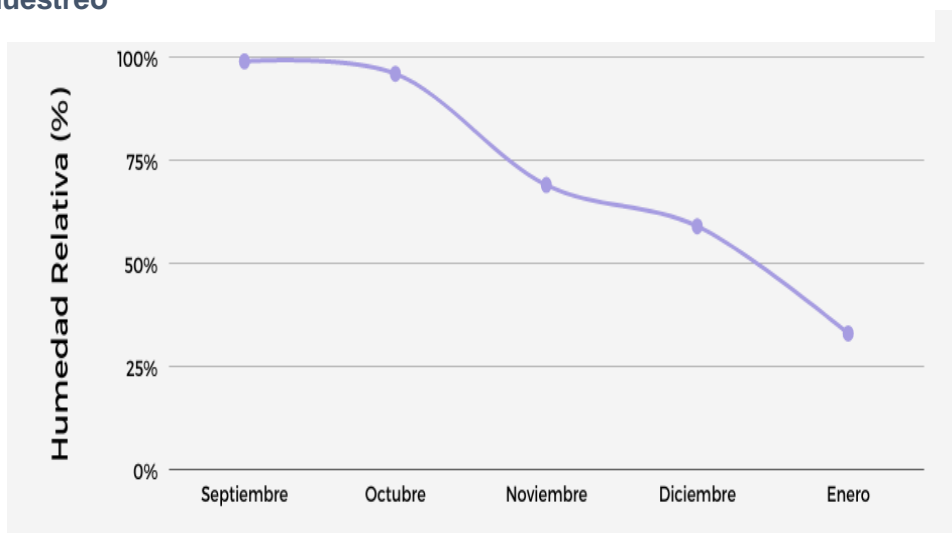
Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

**Gráfico 7: Temperatura promedio durante los meses de muestreo**



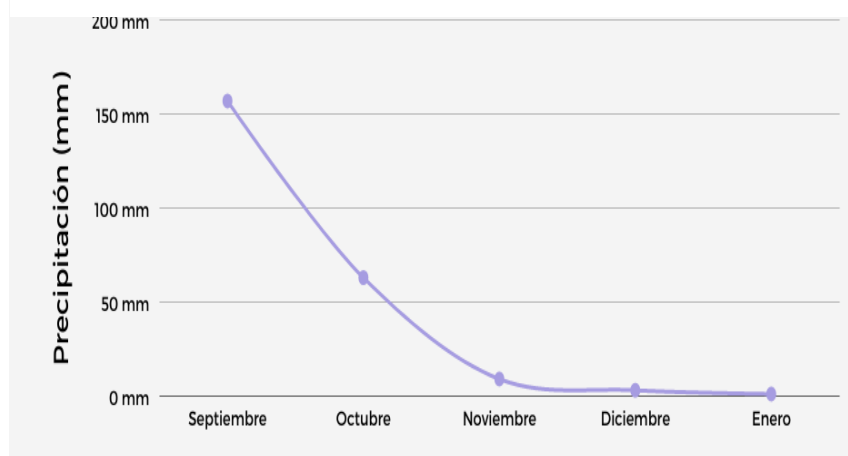
Fuente: Cuadro 8

**Gráfico 8: Humedad relativa promedio durante los meses de muestreo**



Fuente: Cuadro 8

**Gráfico 9: Precipitación promedio durante los meses de muestreo**



Fuente: Cuadro 8

#### 4.2 Géneros importantes que causan alergia.

***Penicillium***: Es un género grande y que se encuentra en casi todas partes, y siendo el género de hongos más abundante en suelos. La fácil proliferación de ***Penicillium*** en los alimentos es un problema. Algunas especies producen toxinas y pueden hacer el alimento no comestible o aún peligroso (Arenas, 2015).

**Figura 1: *Penicillium sp.***



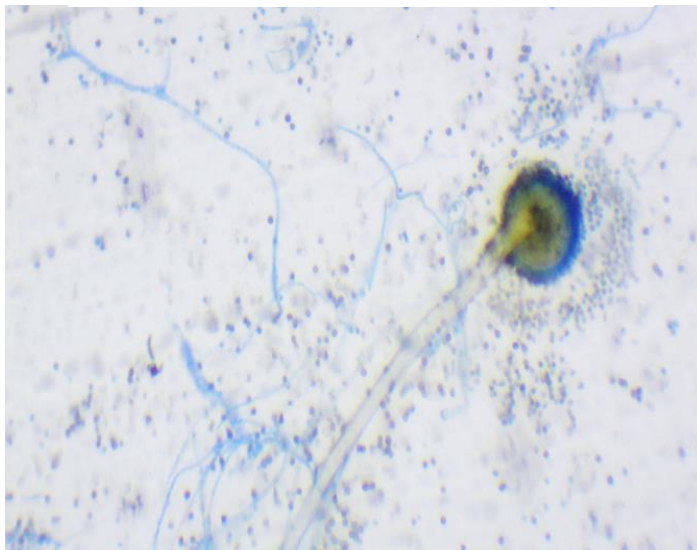
**Nota:** Conidióforos de ***Penicillium sp.***



Hongo saprófito se alimenta de desechos, encontrado de preferencia en interiores. Su nutrición comprende comidas descompuestas, quesos, etc. Se le asocia con asma, rinitis, y en forma ocasional y rara a neumonitis de hipersensibilidad. La alergia a este hongo no se relaciona con la alergia a la penicilina (Mardones, 2009).

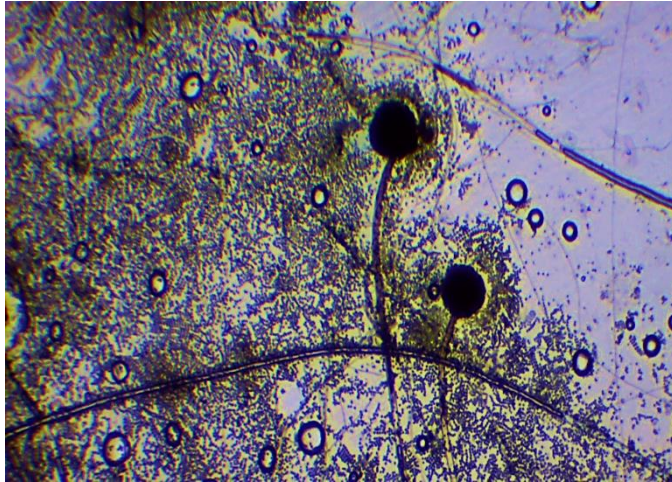
***Aspergillus***: Este género puede ser un colonizador, causar enfermedad alérgica, infección local o ser responsable de cuadros invasivos de gran gravedad. Las infecciones causadas por este microorganismo son: Onicomicosis, Otomicosis, Sinusitis alérgica (los senos paranasales están ocupados por moco rico en eosinófilos, cristales de Charcott-Leyden e hifas). Aspergilosis broncopulmonar alérgica que suele deberse a la inhalación de conidias e hifas de *Aspergillus*. El paciente presenta eosinofilia, infiltrados pulmonares hemorrágicos, bronquiectasias centrales y una prueba cutánea positiva para *Aspergillus*. Así como Aspergilosis pulmonar invasiva necrosante (Madigan *et al.*, 2004).

**Figura 2: *Aspergillus flavus***



**Nota.** Cabezuela de ***Aspergillus flavus***.

Figura 3: *Aspergillus niger*



**Alternaria:** Es un hongo de los que se registran con mayor frecuencia en las muestras de aire atmosférico. (Mardones, 2009). Las especies de **Alternaria** sp. se reportan en enfermedades pulmonares alérgicas como la neumonitis por hipersensibilidad causada por la exposición al trabajo de maderas (pulpa de madera enmohecida) en la industria (Sarduy *et al*, 2003).

Figura 4: *Alternaria* sp.

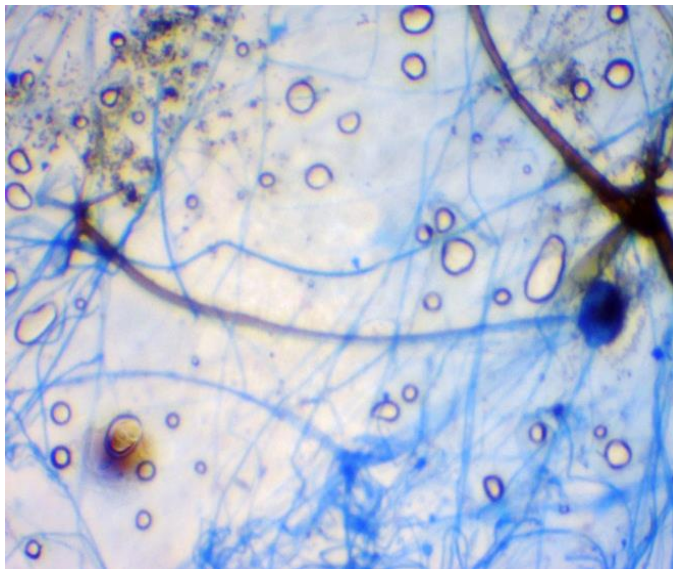


*Nota.* Cadenas de conidias de color marrón pálido y en forma de frasco. Tienen tabiques transversos y longitudinales. Por Morisseau, *et al*, (1999) (<https://doi.org/10.1128/AEM.65.6.2388-2395.1999>).

**Rhizopus:** Algunas spp. de **Rhizopus** son agentes oportunistas de cigomicosis 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.

La exposición a concentraciones elevadas de esporangiosporas de **Rhizopus** se ha descrito como causa de alveolitis alérgica extrínseca (pulmón de serrador) en serrerías suecas. Se ha observado una pequeña proporción de pacientes con reactividad cutánea a **Rhizopus** sp. Puede ser un patógeno oportunista en personas inmunosuprimidas y se han descrito casos de micosis rinocerebrales en diabéticos (Aristegui, 2002).

**Figura 5: Rhizopus stolonifer**

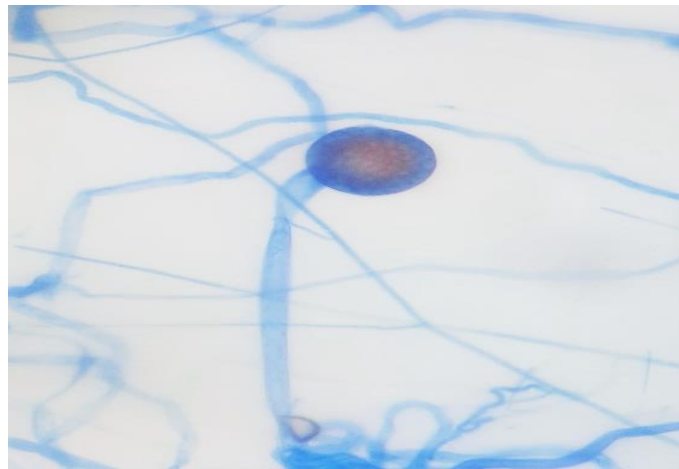


*Nota.* Esporangio y rizoide de **Rhizopus stolonifer**

**Mucor:** son de rápido crecimiento en el medio de cultivo, produciendo esporangios en esporangióforos globosos, solitarios o ramificados. Los esporangios contienen toda la columela y esporas, pudiendo ser deliciascentes (en disolución). Los esporangios tienen una pared

delgada que, cuando madura, se rompe irregularmente para liberar esporangiosporas redondas o elipsoidales (4 a 8 micrometros de diámetro). Con las esporas dispersas, la columela que llevaba los esporangios es visible, dejando a veces un collar en la base del esporangio. Los rizoides y los estolones están ausentes, lo que lo diferencia del género *Rhizopus*, así como la ausencia de apófisis debajo del esporangio lo diferencia de *Absidia*. Además, ***Mucor*** produce clamidoconideas y es inhibido por la cicloheximida (Iglesias *et al*, 2020)

**Figura 6:***Mucor sp.*



### 4.3 Discusión

La mayoría de los hongos presentes en los ambientes internos son saprofitos, 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. Los cuatro géneros de hongos más importantes en este aspecto son ***Alternaria***, ***Cladosporium***, ***Aspergillus*** y ***Penicillium***, donde estas especies podrán a través de sus esporas u otros elementos producir cuadros de alergias como rinitis, asma, conjuntivitis y en casos raros, pero más graves cuadros de inflamación del pulmón llamados neumonitis de hipersensibilidad. También son capaces de generar aisladamente sinusitis micóticas alérgicas, siendo estas sinusitis crónicas y particularmente difíciles de tratar.

Esta investigación describe, la presencia de hongos y sus principales especies prevalentes en el ambiente de los Laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador y su relación con síntomas de alergias respiratorias en los trabajadores que ahí se desempeñan, como también la sensibilidad de la población que se expone a esos extractos fúngicos.

El método utilizado para la recolección de muestras de los ambientes fue el método de deposición gravitacional horizontal, el cual es conocido como método de sedimentación, este método nos brinda información sobre los microorganismos que se depositan en un momento dado sobre una superficie y permite comparar la micota encontrada en otras investigaciones o estudios ejecutados, además, algunas de las ventajas que posee es que es de fácilmente disponible con resultados reproducibles y que se pueden tomar muestras de varias muestras al mismo tiempo en diferentes lugares, describiéndose también como muy económico.

Para el muestreo ambiental de esta investigación se emplearon los medios de cultivo Agar Glucosado de Sabouraud y Papa Dextrosa Agar siendo estos muy eficaces para el crecimiento de las colonias de los hongos en su mayoría filamentosos.

Los factores climáticos promedio durante los muestreos fueron 30<sup>0</sup> C de temperatura con 99% de humedad relativa y 157 mm de precipitación para el mes de septiembre, siendo 31<sup>0</sup> C de temperatura, 96% de humedad relativa y 63 mm de precipitación para el mes de octubre; en el mes de noviembre estos datos fueron 33<sup>0</sup>C en temperatura, 69% en humedad relativa y 9 mm en precipitación, en diciembre la temperatura permaneció en los 33<sup>0</sup>C, viéndose una baja en la humedad relativa y en la precipitación siendo estos 59% y 3 mm, respectivamente en el último mes de muestreo los grados celsius de temperatura se mantuvieron con 33<sup>0</sup> C, mientras que los datos en humedad relativa y precipitación continuaron bajando, pudiéndose registrar con los valores de 33% y 1mm.

En cuanto a los resultados se obtuvo que en el laboratorio de Química en el mes de septiembre las especies fúngicas mas dominantes fueron ***Aspergillus niger***, ***Alternaria***

*alternata*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium spp.*, y *Curvularia lunata*, destacando *Aspergillus niger* y micelio no esporulado (no esta apto para reproducirse). Para el mes de octubre destacó micelio no esporulado junto con *Aspergillus flavus*, *Mucor spp* y *Aspergillus niger*, viéndose también *Curvularia lunata*, *Aspergillus fumigatus* y *Penicillium spp.* en menor cantidad. Teniendo para el mes de noviembre *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Mucor spp.*, *Curvularia lunata*, *Aspergillus terreus* y micelio no esporulado. En el mes de diciembre sigue destacando *Aspergillus niger* junto con micelio no esporulado, siguiéndoles *Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer* y observándose en menor cantidad *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus terreus* y *Curvularia lunata*. Por último, en el mes de enero, siendo este el mes donde menos especies se observo puesto que solo se observaron las especies de *Aspergillus niger* y *Aspergillus flavus* junto con micelio no esporulado, destacando *Aspergillus niger*.

En los laboratorios de la Sección de Biología para el mes de septiembre se observaron *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Mucor spp.*, *Curvularia lunata*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* y crecimiento no esporulado, siendo, *Aspergillus niger* y *Alternaria alternata* las especies más dominantes. Para el mes de octubre las especies más observados fueron *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Mucor spp*, *Aspergillus fumigatus*, y *Aspergillus flavu*. En el mes de noviembre se observaron *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Curvularia lunata*, *Rhizopus stolonifer* , *Penicillium spp.*, y *Microsporum*, junto con crecimiento no esporulado. En diciembre se observaron *Aspergillus niger*, *Curvularia lunata*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor spp.*, *Aspergillus terreus*. Por último, en enero se observaron *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus terreus* y crecimiento no esporulado.

En los Laboratorios de Física en el mes de septiembre se observó *Curvularia lunata*, *Aspergillus niger*, *Microsporum sp.*, *Aspergillus flavus* junto con crecimiento no esporulado. En el mes de octubre las especies observadas fueron *Fusarium solani*,

***Curvularia lunata*, *Rhizopus stolonifer*, *Mucor spp.*** En noviembre se observaron ***Aspergillus fumigatus*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus niger***. En diciembre se observaron las especies de ***Aspergillus niger*, *Mucor spp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus flavus*** junto con crecimiento no esporulado. Y por último en enero se observaron ***Aspergillus flavus*, *Microsporium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus niger*** junto con crecimiento no esporulado destacando de este mes donde menos frecuencia de especies se identificaron.

En cuanto a si presentaban síntomas todos aseguraron presentar, el 50% aseguró presentar estornudos y lagrimeo, mientras que el 25% solo estornudos y por último el 25% estornudos, secreción abundante de moco nasal y lagrimeo. Mientras que en el ambiente donde los síntomas pueden presentarse con mayor frecuencia, se tiene que el 75% aseguró el ambiente exterior urbano y en el ambiente interior el laboratorio y el 25% aseguró como ambiente exterior el ambiente rural y en el ambiente interior en el laboratorio. Por último, tenemos que el tiempo en el que se presentan los síntomas, el 75% mencionó que los padecen en invierno y el 25% mencionó el tercer trimestre del año.

Como significado y en resumen de los resultados se puede decir que los géneros más dominantes identificados fueron los géneros ***Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Penicillium*, y *Mucor*** ya que se encontraron en casi todos los muestreos con sus representantes especies de ***Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus* y *Aspergillus fumigatus*, *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata*, *Mucor spp.* y *Penicillium sp.*** y se puede concluir que la época lluviosa fue la época donde más diversidad de hongos se observaron estando esta representada por los meses de septiembre y octubre , además de ser la época donde más síntomas de alergias presentan los trabajadores de los laboratorios.

Esta investigación se puede comparar con los resultados obtenidos en la tesis de Maestría de Caicedo (2015), titulada Estudio de la micota ambiental de tres edificios de laboratorios de la Universidad del Valle, Colombia y su relación con los síntomas de alergias

respiratorias que manifiestan los trabajadores, donde se estudió la micota ambiental del interior de laboratorios ubicados en 3 edificios para conocer como afectaba la salud del personal del laboratorio, en dicha investigación se conoció que los hongos prevalentes en ese ambiente fueron hongos ampliamente reconocidos como alergénicos, donde predominó el género ***Cladosporium*** (37.7%), seguido de los géneros ***Fusarium*** (7,74), ***Penicillium*** (5,58%) y ***Aspergillus*** (2,42%).

Otra investigación con la que se pueden comparar los resultados de esta investigación es con la realizada por Carrera (2020) titulada Alergias respiratorias y su relación con la contaminación ambiental en el cantón de Pedro Carbo, en donde por medio de una encuesta concluyeron que el principal síntoma que desarrollan los habitantes es la congestión nasal con un 62% de la población, que se desarrolla cuando se levanta polvo en un 46% , cuando barre en un 40%, y que el 48% de la población presenta alergia de tipo respiratoria debido al polvo (Carrera, Suarez et al., 2020)

Este estudio demuestra que los trabajadores están expuestos a concentraciones elevadas de esporas fúngicas en sus lugares de trabajo y que la prevalencia, tanto, de síntomas compatibles con alergia respiratorias es considerablemente alta.

El control de los valores de temperatura y humedad relativa recomendados para ambientes internos, el uso adecuado y mantenimiento de los sistemas acondicionadores de aire, junto con un protocolo de limpieza, son las medidas preventivas más eficientes y de menor costo para reducir la carga fúngica total, incluyendo hongos alergénicos, que podrían desencadenar reacciones alérgicas en los trabajadores durante su permanencia en los laboratorios. El monitoreo de los microorganismos presentes en ambientes cerrados es fundamental para conocer la situación del ambiente y desarrollar programas de control y de prevención de salud al personal (Carrera, 2020)



## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

### 5.1 Conclusiones

- Se identificó los principales hongos ambientales en los laboratorios del Departamento de Ciencias Naturales utilizando Agar Glucosado de Sabouraud y Papa Dextrosa Agar.
- La disociación de las colonias de los hongos se realizó mediante el método de cinta engomada y azul de lactofenol, para la identificación de las principales especies fúngicas.
- Se determinó la frecuencia de las principales especies fúngicas en los Laboratorios de Ciencias Naturales, siendo el de mayor frecuencia *Aspergillus niger*
- Los principales síntomas de alergia relacionados con los hongos filamentosos encontrados son estornudos, lagrimeo y secreción nasal.
- Los meses representantes de la época lluviosa fue donde más diversidad de hongos se observaron.

### 5.2 Recomendaciones

- Para futuras investigaciones utilizar agar Mycocel para el aislamiento de hongos patógenos.
- Se recomienda el método de la cinta engomada y azul de lactofenol para la identificación de especies fúngicas.
- Implementar el uso de todo equipo de bioseguridad en los laboratorios de Ciencias Naturales, para evitar la contaminación con especies fúngicas.
- Motivar a las autoridades de la FMO-UES suplir al personal de laboratorio con implementos de bioseguridad para evitar cualquier síntoma de alergia.

- Abordar más meses de la época lluviosa, siendo la investigación en espacios abiertos.
- Aplicación de técnicas moleculares.

## BIBLIOGRAFIA

- Abarca, G. H. (2008). ***Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica.*** Veracruz: Instituto de Ecología.
- Albright, D. (2001). ***Human health effects of airborne mycotoxin exposure*** in fungi-contaminated indoor environments.
- Arenas, R. (2015). ***Micología Médica Ilustrada.*** Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- Arenas, R. (2015). *Micología Médica Ilustrada.* (5° ed.). Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- Aristegui, B. (2002). Rhizopus stolonifer. ***Revista Iberoamericana de Micología***, 38.
- Caicedo, L. D. (2015). ***Estudio de la micota ambiental de tres edificios de la Universidad del Valle, Colombia, y su relacion con los sintomas de alergias respiratorias que manifiestan los trabajadores.***
- Cervigon, P., Gutierrez, M., & Perez, R. (2016). ***Aerobiología y Salud. Revista Salud ambiente, 5.***
- Crook, B., & Burton, N. (2010). Indoor moulds, sick building syndrome and building related illness.
- Cruz, R. (2014). ***Guía para el diagnóstico de laboratorio de enfermedad fúngica invasora por hongos filamentosos.*** Revista chilena de Infectología., 173-176.
- Daza, F. G. (2018). ***Características generales de los hongos e Infecciones Sistémicas y Oportunistas.*** Venezuela: Editorial Médica panamericana.
- De la Rosa, M., Mosso, M., & Ullan, C. (2002). ***El aire: habitat y medio de transmision de microorganismos.*** Observatorio Medioambiental, 3-28.
- Esquivel, R. (1988). ***Análisis cualitativo y cuantitativo de la micoflora en el aire de la Biblioteca Nacional de El Salvador.*** San Salvador.
- Fraj, J., & Briñez, I. (2011). ***Asma grave y alergia a hongos . Debates sobre alergología*** , 107-115.

- Garcia, N. A. (2005). **Calidad microbiologica y fisicoquimica del aire en tres laboratorios de la Facultad de Ingenieria de la Universidad del Zulia.**
- Gregory, P. (1973). **Microbiologia de la atmosfera.** *Revista Holandesa de Fitopatologia*, 79-265.
- Hernández, Ó. Z. (2018). **Los hongos microscópicos.** Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Lopez, L., Garcia, C., Ayats, J., Gudiol, C., Bodro, M., Sanchez, I., . . . Carratala, J. (2012). Aspergilosis invasora con afectacion extrapulmonar: patogenia, características clinicas y pronosticos. **Revista Iberoamericana de Micologia .**
- Mardones. (9 de Julio de 2009). **Polenes: Hongos y Alergias.**  
<http://www.polenes.cl/especies/hongos.htm>
- Marti Sole, M. A. (1998). **Calidad de aire interior: identificacion de hongos.**
- Nilsson, S. (1992). Aerobiology: **An interdisciplinary and limitless science.** *Ind. J. Aerobiol. Special Volume*, 23-27.
- Pahissa, A. (2010). **La infección fúngica invasora.** Barcelona: Grupo editorial Entheos.
- Recio, M. (1999). Aerobiologia: Breve introduccion historica. **Red Española de Aerobiologia**, 9-11.
- Revankar, S. G. (s.f.). **MANUAL MSD** versión para público general.  
[https://www.msmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-por-hongos-infecciones-f%C3%BAngicas-micosis/mucormicosis#v787986\\_es](https://www.msmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-por-hongos-infecciones-f%C3%BAngicas-micosis/mucormicosis#v787986_es)
- Rivas, L. M. (2014). Alternaria spp. **Revista chilena de infectología**, 605-606.
- Sanchez, K., & Almaguer, M. (2014). **Aeromicrobiologia y Salud Humana.** *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 17.
- Sly, M. (1997). New guidelines for diagnosis and management of asthma. **Ann Allergy Asthma Immunol**, 427-437.
- Smith, Y. (2019). **Epidemiologia de las alergias.** Noticias Medicas.
- Villalba, A. G. (2021). Conociendo a los hongos microscópicos. *Nuestra Tierra* , 3-5.

Yang, C., & Johanning, E. (2007). Airborne Fungi and Mycotoxins.

### Anexos



*Anexo 1: Colocación de medios de cultivos en el Laboratorio de Química*



Anexo 2: Placas Petri con crecimiento de hongos



*Anexo 3: Observación de características macroscópicas*



*Anexo 4: Identificación microscópica*



*Anexo 5: Realización de disociados*



*Anexo 6: Placa con cepas de hongos*





*Anexo 7: Instalaciones del Laboratorio de Química*



*Anexo 8: Instalaciones de los Laboratorios de Física*



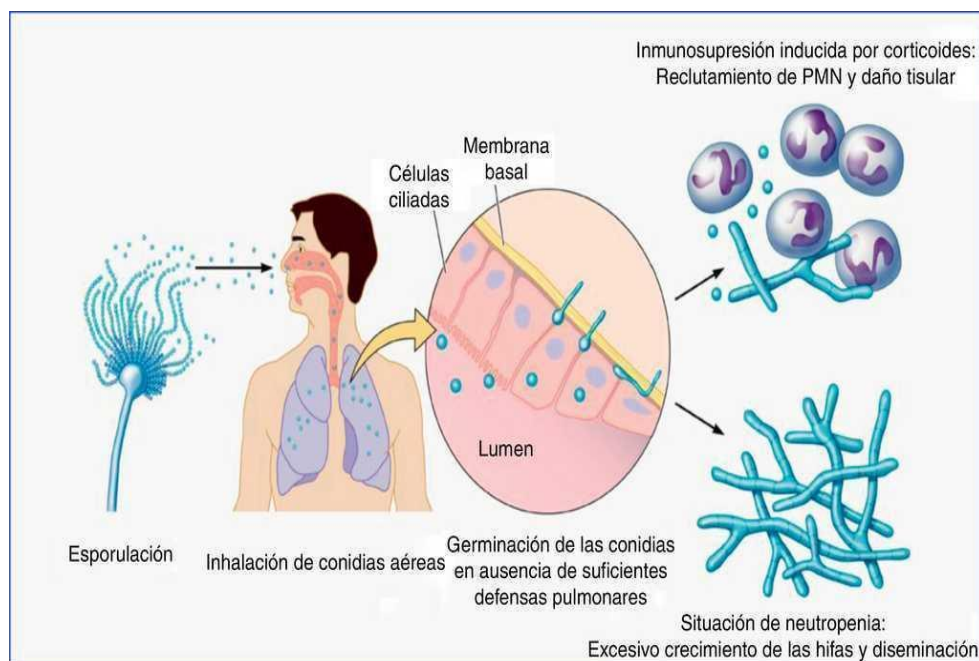
*Anexo 9: Instalación del Laboratorio A de Biología*



*Anexo 10: Instalación del Laboratorio B de Biología*



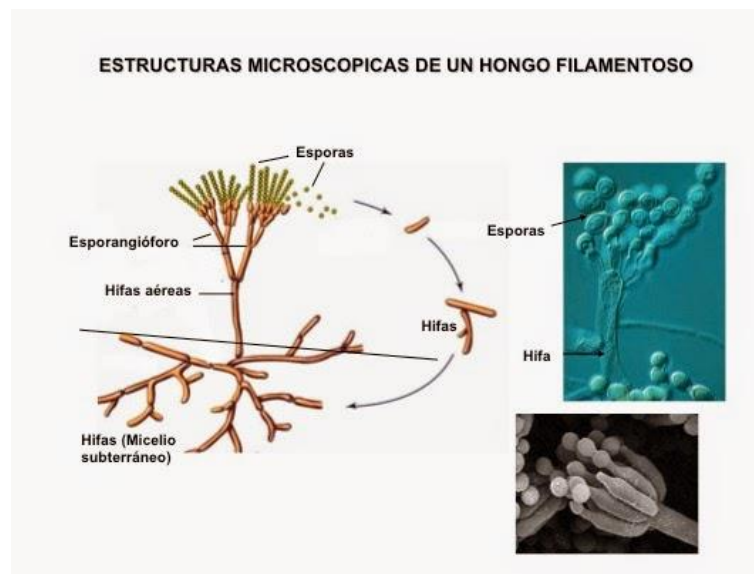
*Anexo 11: Instalación del Laboratorio C de Biología*



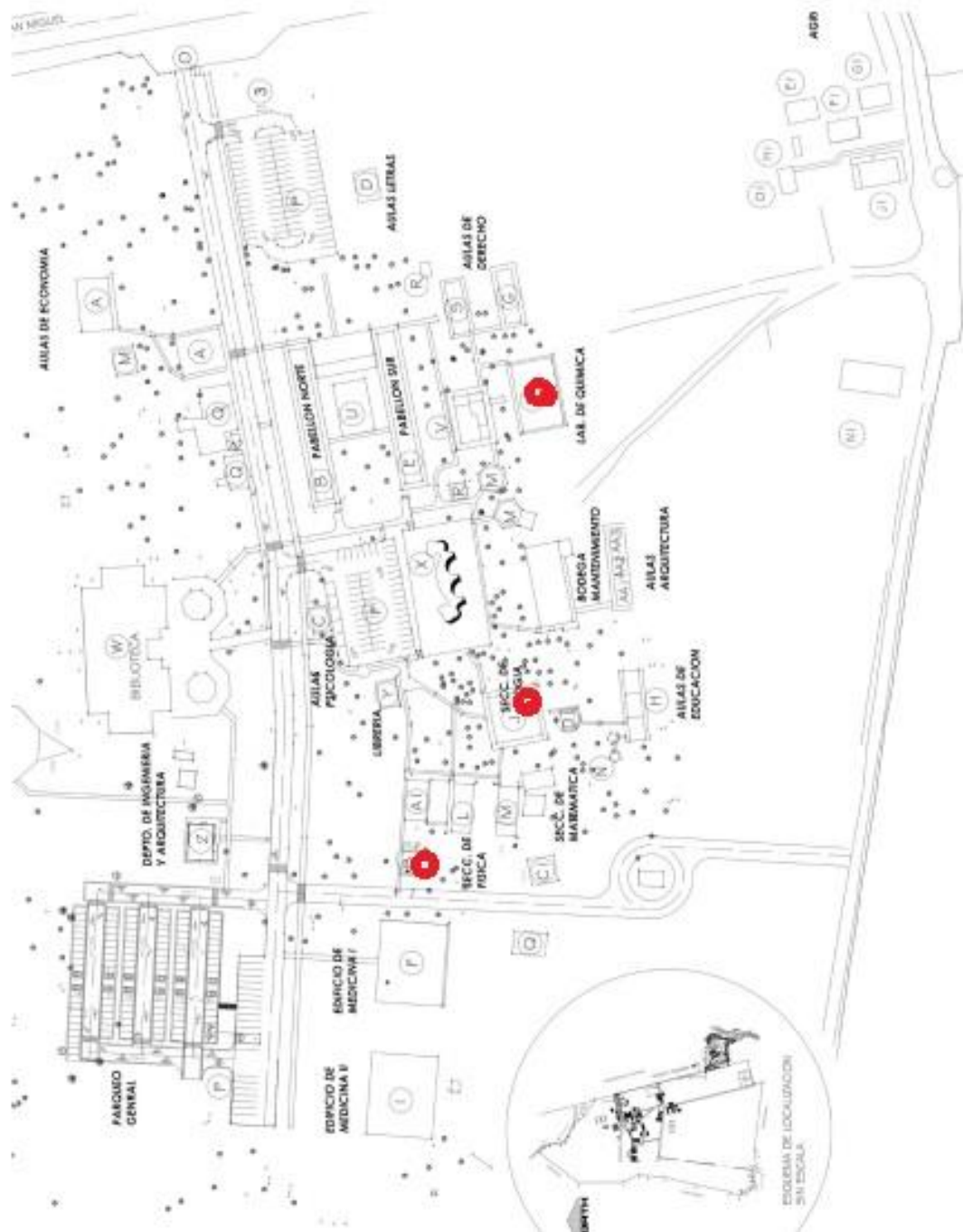
*Anexo 12: Ciclo de vida infeccioso del género Aspergillus*



*Anexo 13: Entrevista a personal de Laboratorio*



*Anexo 14: Estructuras microscópicas de un hongo filamentoso*



Anexo 15: Croquis del lugar de estudio

*Anexo 16: Consentimiento informado***Consentimiento informado**

Yo \_\_\_\_\_

declaro que he sido informado e invitado a participar en una investigación denominada “ESTUDIO DE LA MICOTA AMBIENTAL DE LOS LABORATORIOS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y SU RELACIÓN CON SÍNTOMAS DE ALERGIAS RESPIRATORIAS EN LOS EMPLEADOS, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL”

Entiendo que este estudio busca conocer los géneros de microhongos presentes en el ambiente del laboratorio donde trabajo, esto con la finalidad de identificar su relación con síntomas de alergias respiratorias. Siendo de carácter experimental donde mi aporte será de complementar dos cuestionarios con el título de “Cuestionario sobre la calidad del aire del entorno de trabajo relacionada con posibles reacciones alérgicas provocadas por hongos”

Me han explicado que la información registrada será confidencial, y que los nombres de los participantes serán asociados con número de serie, esto significa que las respuestas no podrán ser conocidas por otras personas, ni tampoco ser identificadas en la fase de resultados. Estoy en conocimiento que los datos no me serán entregados y que no habrá retribución por la participación en este estudio, sí que esta información podrá beneficiar de manera indirecta y, por lo tanto, tiene beneficio para mi trabajo. Asimismo, sé que puedo negar la participación o retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin expresión de causa ni consecuencias negativas para mí.

Acepto voluntariamente participar en este estudio y he recibido una copia del presente documento.

Firma participante:

\_\_\_\_\_

## Anexo 17: Cuestionarios



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

Cuestionario No 1: SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ENTORNO DE TRABAJO RELACIONADA CON POSIBLES SINTOMAS DE ALERGIA PROVOCADAS POR HONGOS.

Fecha: \_\_\_\_\_ Sección: \_\_\_\_\_ Laboratorio: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

1. EDAD:

1) 18-29  2) 30-40  3) 41-50  4) 51-60  5) + de 60

2. ESTUDIOS REALIZADOS:

1. Ninguno.....

2. Educación básica.....

3. Bachillerato.....

4. Educación superior.....

3. ¿Cuánto tiempo que trabaja en el mismo lugar?

Años/ Meses

4. Fumador  su respuesta es sí ¿Cuántos cigarrillos se fuma en el día? \_\_\_\_\_

5. ¿La Universidad le brinda algún equipo de bioseguridad? \_\_\_\_\_

Si su respuesta es sí, especificar qué equipo de bioseguridad:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA

CUESTIONARIO No. 2 SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ENTORNO DE TRABAJO RELACIONADA CON  
POSIBLES SINTOMAS DE ALERGIA PROVOCADAS POR HONGOS.

Fecha: \_\_\_\_\_ Sección: \_\_\_\_\_ Laboratorio: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

1. Tiene el diagnóstico médico de padecer alergia: SI ( ) NO ( )

1.1 Asma bronquial ( ) 1.2 conjuntivitis ( ) 1.3 Rinitis ( ) 1.4 Eccema o urticaria: ( )

1.5 otro ( ); especificar: \_\_\_\_\_

1.6 ¿Te han especificado que alérgenos te afectan? ( ) Indicar  
cuáles: \_\_\_\_\_

2. Si has marcado NO en la anterior pregunta:

2.1 ¿Presentas algunos de estos síntomas fuera de los procesos gripales o Resfríos comunes?

2.2 Estornudos: ( )

2.3 Secreción abundante de moco nasal: ( )

2.4 Obstrucción y congestión nasal: ( )

2.5 Picor ocular: ( )

2.6 Lagrimeo: ( )





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

2.7 Dificultad para respirar con ruidos (pititos) en el pecho: ( )

2.8 Otros, síntomas: ( )

2.9 Indicar cuáles: \_\_\_\_\_

3. ¿En los últimos meses cuando ha presentado los síntomas anteriores?

3.1 Primer trimestre ( ) 3.2 Segundo trimestre ( ) 3.3 Tercer trimestre ( ) 3.4 Cuarto semestre 3.5

Verano: ( ) 3.6 Invierno ( )

4. Los síntomas indicados ¿Dónde suelen presentarse con mayor frecuencia?

En ambientes exteriores 4.1.1 Urbano: ( ) 4.1.2 Rural: ( )

En ambientes interiores 4.2.1 Casa: ( ) 4.2.2 Laboratorio ( )

Anexo 18: Fichas de recolección de datos

NOMBRE DEL HONGO \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA (disociado)
Tipo de colonia: _____	
Altura del micelio: _____	
Aspecto: _____	
Color del reverso: _____	
Color de la colonia: _____	

NOMBRE DEL HONGO \_\_\_\_\_

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA (disociado)
Tipo de colonia: _____	
Altura del micelio: _____	
Aspecto: _____	
Color del reverso: _____	
Color de la colonia: _____	

*Anexo 19: Lista de chequeo de las instalaciones*

**LISTA DE CHEQUEO DE LABORATORIOS MUESTREADOS**

**CÓDIGO:** \_\_\_\_\_

**ÁREA:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE INSPECCIÓN:** \_\_\_\_\_ **HORA:** \_\_\_\_\_

**INSPECTORES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

**SI**      **A MEDIAS**      **NO**      **NO**  
**PROCEDE**

**1. LABORATORIO**

---

1.1 Las paredes están limpias y en buen estado

1.2 Las ventanas están limpias

1.3 El sistema de iluminación está mantenido de forma  
eficiente y limpio

---

---

1.4 Las señales de seguridad están visibles y correctamente distribuidas

1.5 Los extintores están en su lugar de ubicación y visibles

1.6 El enclavado se encuentra en buen estado

## **2. SUELOS Y PASILLOS**

2.1 Los suelos están limpios, secos, sin desperdicios ni material innecesario

2.2 Los pasillos y zonas de tránsito están libres de obstáculos

## **3. MOBILIARIO**

3.1 Las mesas están limpias, secas, sin desperdicios ni material innecesario

3.2 Las mesas están libres, sin instrumentos y equipos de laboratorio

3.3 Los estantes están limpios, sin polvo y sin moho

3.4 Las pizarras se encuentran en buenas condiciones

---

## Anexo 20: Presupuesto

Recursos necesarios	Tipos	Recursos	Cantidad	Precio unitario/mensual	Total \$	
	<b>Instrumentos de laboratorio</b>	Cajas Petri	120	\$2.00	\$240	
		Set de porta objetos y laminillas	6	\$24.16	\$144.96	
		Cinta adherente	4	\$0.50	\$2.00	
		Tirro	2	\$1.00	\$2.00	
		Jabón para trastes	1	\$3.00	\$3.00	
		Mascón	3	\$0.30	\$0.90	
		Paquete de papel toalla	3	\$2.00	\$6.00	
		Paquete de bolsas plásticas	1	\$0.65	\$0.65	
		Caja de mascarillas	1	\$3.50	\$3.50	
		Redes para el cabello	10	\$0.15	\$1.50	
		Caja de guantes	1	\$0.30	\$15.00	
		<b>papelería</b>	Plumón de punta fina	3	\$1.25	\$3.75
			Memoria USB 128 GB	1	\$22.00	\$22.00
			Libreta de apuntes	1	\$2.50	\$2.50
	<b>Bioseguridad</b>	Lápiz	3	\$0.25	\$0.75	
		Caja de mascarillas	3	\$3.50	\$10.50	
		Bote de sanitizante liquido	2	\$3.00	\$6.00	
		Bote de alcohol gel	2	\$4.00	\$8.00	
	<b>Viáticos</b>	Pasaje de autobús	12	\$3.00	\$36.00	
		Alimentación	12	\$3.50	\$42.00	
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 551.01</b>	





*Anexo 22: Glosario***A**

**Ácaros:** género de arácnidos de respiración traqueal o cutánea, con cefalotórax tan íntimamente unido al abdomen que no se percibe separación entre ambos.

**Antifúngico:** toda sustancia que tiene la capacidad de evitar el crecimiento de algunos tipos de hongos o incluso provocar su muerte.

**Antigénico:** pertenece o concierne a los antígenos.

**Antígeno:** sustancia que desencadena la información de anticuerpos y puede provocar una respuesta inmunitaria.

**Antibiótico:** que destruye la materia viva; concretamente se aplica a la sustancia química producida por un ser vivo o fabricada por síntesis, capaz de paralizar el desarrollo de ciertos microorganismos patógenos, por su acción bacteriostática, o de causar la muerte de ellos, por su acción bactericida.

**Alergia:** reacción inmunitaria del organismo frente a una sustancia generalmente inocua para el anfitrión que se manifiesta por unos signos y síntomas característicos cuando se expone a ella.

**Artrosporas:** son esporas asexuales producidas por mitosis, desarrolladas en una hifa terminal que al madurar se separan.

**C**

**Conidios:** son esporas externas por medio de las cuales muchos hongos se reproducen o propagan de manera asexual.

**Conidióforo:** estructura microscópica especializada en la producción asexual de miles de esporas.



**D**

**Diploidía:** célula u organismo con dos complementos cromosómicos, de forma que posee un número total de cromosomas que es doble del haploide y se representa por  $2N$ .

**E**

**Esporas:** son células que producen ciertos hongos, plantas (musgos, helechos) y bacterias que participan en la reproducción.

**Esporangio:** estructura en forma de capsula o saco, presente en muchas plantas y hongos, dentro de la cual se almacenan las esporas reproductoras.

**Esporangióforo:** hifa aérea que sirve especializada que sirve de soporte o pedúnculo de uno o varios esporangios en algunos hongos.

**Enzimas:** sustancia proteínica que actúa como catalizador de procesos metabólicos.

**G**

**Gemación:** tipo de reproducción asexual. Consiste en la formación de protuberancias llamadas yemas en el cuerpo del espécimen progenitor que, al nacer y desarrollarse, originan nuevos organismos. Estos pueden separarse del progenitor, o bien quedar unidos a él, formando una colonia.

## H

**Haploide:** se aplica al organismo, tejido, célula o núcleo que posee un único juego de cromosomas.

**Hifa:** cada uno de los filamentos que forman el micelio de un hongo.

**Hongos filamentosos:** conocidos también como mohos se caracterizan por tener un soma vegetativo (talo) similar a las plantas, filamentos microscópicos continuos más o menos alargados y ramificados con paredes celulares definidas, la mayoría, constituidas por quitina, dispuestas en microfibrillas como la celulosa, además de otros polisacáridos como mananos, galactanos y quitosan reemplazan a la quitina en algunos grupos, con una pared celular formada por carbohidratos (80-90 %), y son las proteínas, los lípidos, polifosfatos e iones inorgánicos el material cementante.

## I

**Irritación:** inflamación de la piel con enrojecimiento y picor o dolor. También puede aparecer con sequedad de la piel, y suele provocar malestar.

**Infecciones diseminadas:** invasión y multiplicación de gérmenes en el cuerpo, pudiendo ser estos bacterias, virus, hongos u otros microorganismos.

**L**

**Levaduras:** hongos unicelulares que pueden reproducirse por división o gemación, de forma ovoide.

**M**

**Metabolitos:** sustancia que el cuerpo elabora o usa cuando descompone los alimentos, los medicamentos o sustancias químicas; o su propio tejido como la grasa o el tejido muscular.

**Meiosis:** tipo de división celular en los organismos de reproducción sexual que reduce la cantidad de cromosomas en los gametos.

**Micobiota:** es un grupo de todos los hongos presentes en una región geográfica particular.

**Microorganismos:** son los organismos que solo se pueden observar bajo el microscopio, ya que por su tamaño reducido son imperceptibles a la vista.

**Micelio:** es una estructura de los hongos de apariencia similar a una raíz, consistente en una masa de hifas ramificadas y de textura como de hilo, que forman la parte vegetativa de los hongos pluricelulares como las setas y los mohos.

**Micelio vegetativo:** es aquella estructura destinada a dar sosten, protección y nutrición al hongo.

**Micelio aéreo:** estructura formada por hifas que se proyectan por encima de la superficie del medio hacia el aire y que presenta la estructura reproductora del hongo, es el micelio de reproducción. .

**Micotoxinas:** compuestos tóxicos producidos de forma natural por algunos tipos de mohos.

**Micromicetos:** conocidos también como microhongos, son organismos eucariotas como mohos, levaduras y royas, que tienen estructuras microscópicas productoras de esporas.

**Morfoespecie:** concepto de especie basado solamente en las características morfológicas de los individuos, sin considerar ningún otro factor biológico.

## **P**

**Pulverulencia:** acumulación de una especie del polvo del pelo de las fosas nasales en que se le verifica en la fiebre tifoidea y otras afecciones.

**Progenie:** resultado de la reproducción, es decir, el individuo o individuos producidos mediante la intervención de uno o más parentales.

## **S**

**Saprobios:** hongos que obtienen sus nutrientes a partir de materiales orgánicos inertes como restos vegetales y animales, participan en la descomposición de la materia orgánica

