



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS**  
**POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



*“La Tierra no es de nosotros, nosotros somos de la Tierra”*

**EVALUACIÓN DE BIOAEROSLES FÚNGICOS Y LA CALIDAD DEL AIRE  
INTERIOR DE UN AMBIENTE INTRAHOSPITALARIO EN LA CIUDAD DE  
PUEBLA**

TESIS

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presenta

**GERARDO ORTIZ SEGURA**

Director de tesis:

**Dr. Ricardo Munguía Pérez**

Co-Director de tesis:

**Dra . Elsa Castañeda Roldán**

Noviembre 2018



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS**  
**POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



*“La tierra no es de nosotros, nosotros somos de la tierra”*

**EVALUACIÓN DE BIOAEROSLES FÚNGICOS Y LA CALIDAD DEL AIRE  
INTERIOR DE UN AMBIENTE INTRAHOSPITALARIO EN LA CIUDAD DE  
PUEBLA**

TESIS

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presenta

**GERARDO ORTIZ SEGURA**

Comité Tutorial:

Director	Dr. Ricardo Munguía Pérez
Integrante Comité Tutorial	Dr. Elsa Castañeda Roldan
Integrante Comité Tutorial	Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega
Integrante Comité Tutorial	Dr. Manuel Huerta Lara

Noviembre 2018

*Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por su apoyo y patrocinio para la realización de mis estudios de maestría en Ciencias Ambientales y el financiamiento para la realización del proyecto de Tesis.*

*Se agradece a la Vicerrectoría de investigación y Estudios de Posgrado por el apoyo otorgado para la conclusión de esta tesis dentro del Programa II. Investigación y Posgrado. Aseguramiento de la calidad en el Posgrado. Indicador establecido en el Plan de Desarrollo Institucional (2013-2017)*

## Indice

Indice .....	1
Lista de Figuras .....	2
Lista de tablas.....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>6</b>
3.1 <i>Marco teórico</i> .....	6
3.1.1. Antecedentes.....	6
3.1.1.1 Contaminación atmosférica .....	6
3.1.1.2 Contaminación biológica del aire.....	7
3.1.1.4 Bioaerosoles .....	10
3.1.1.5 Bioaerosoles y factores ambientales .....	10
3.1.1.6 Contaminación intramuros por bioaerosoles .....	11
3.1.1.7 Bioaerosoles y salud humana.....	12
3.2 <i>Marco conceptual</i> .....	16
3.2.1 Tipo de investigación .....	16
3.2.2 Conceptos utilizados.....	16
3.3 <i>Marco legal</i> .....	17
<b>4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>5. HIPÓTESIS .....</b>	<b>20</b>
<b>6. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
6.1 <i>Objetivo general</i> .....	20
6.2 <i>Objetivo específicos</i> .....	20
<b>7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
7.1 <i>Localización</i> .....	21
7.2 <i>Fase de campo</i> .....	21
7.2.1 Muestreos de campo .....	21
7.3 <i>Fase de laboratorio</i> .....	23
7.3.1 Establecimiento de bioensayos o análisis de muestras de campo .....	23
7.4 <i>Análisis estadístico</i> .....	24
<b>8.RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>46</b>
<b>10. Recomendaciones y perspectivas.....</b>	<b>48</b>
<b>11. Bibliografía.....</b>	<b>49</b>
<b>12. ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
ANEXO I.- ENCUESTA .....	54
ANEXO II.- TÉCNICA MICROCULTIVO (TECNICA DE RIDELL MODIFICADA).....	56
ANEXO 3.- KITS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LEVADURAS .....	57

## Lista de Figuras

Figura 1.- Distribución espacial y diferentes fuentes de bioaerosoles en un ambiente cerrado.....	9
Figura 2.- Localización del estado y ciudad de Puebla, donde se encuentra el hospital y se realizó la presente investigación.....	21
Figura 3.- Ubicación espacial de las salas de quirófano.....	22
Figura 4.- Ubicación espacial de las salas de UCIA.....	22
Figura 5.- Ubicación espacial de los cueros de UCIREN Y UCIN.....	22
Figura 6.- Muestreador ambiental M air T compact con un flujo de aire de 250L/min que recoge a los microorganismos en placas Rodac.....	23
Figura 7.- Unidad de cuidados intensivos tanto para infantes y adultos.....	25
Figura 8.- Áreas muestreadas Laboratorio, Quirófano y urgencias.....	25
Figura 9.- Crecimiento en placa de bioaerosoles fúngicos en 24 horas a la izquierda y a las 72 horas derecha.....	26
Figura 16.- Morfología microscópica del género <i>Penicillium sp</i> observado a 40x. A) Microconidios; B) Metula; C) Fialide; D) Conifióforo.....	37
Figura 17.- Morfología microscópica del género <i>Aspergillus sp</i> observado a 40x. A) Microconidios; B) Vesícula; C) Fialide; Conifióforo.....	38
Figura 18.- Morfología microscópica del género <i>Cladosporium sp</i> observado a 40x. Se observan conidios en forma de cadena (Blastoconidios en cadena).....	38
Figura 19.- Morfología microscópica del género <i>Rhizopus sp</i> observado a 10x. A) esporangiosporas (endosporas); B) Esporangióforo; C) Rizoide.....	39
Figura 20.- Morfología microscópica del género <i>Fusarium sp</i> observado a 40x. A) Macroconidios; B) Conidióforo.....	40
Figura 21.- Morfología microscópica del género <i>Syncephalostrum racemosum</i> observado a 40x. A) Esporangióforo; B) Vesícula; C) Meso-esporangiosporas ; D) Meso-esporangio.....	40

## Lista de tablas

Tabla 1.- Normativa para el manejo en la calidad del aire.....	19
Tabla 2.- Concentración de bioaerosoles fúngicos, humedad relativa y temperatura de las áreas muestreadas del en los dos periodos (Primavera-verano; Otoño invierno)...	27
Tabla 3.- Frecuencia en porcentaje de los agentes fúngicos aislados en los muestreos realizados dentro del hospital (Primavera-verano; Otoño-invierno).....	34
Tabla 4.- Interpretación de la biodiversidad de especies fúngicas en cada área del hospital respecto al índice de Shannon.....	37
Tabla 4.-. Condiciones generales de las características de la población hospitalaria del hospital para valorar el síndrome del edificio enfermo.....	41
Tabla 5.-. Concentrado de las variables obtenidas de la encuesta realizada a los trabajadores del hospital para valorar el síndrome del edificio enfermo.....	43
Tabla 6.- de comparación de resultados del Riesgo relativo y la razón de momios de las diferentes categorías con respecto a desarrollar sintomatología estimada por la encuesta NTP- 290.....	44
Tabla 7.- Interpretación del riesgo relativo.....	45

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es considerada como un problema ambiental muy importante de manera local, regional y mundial. Este problema ambiental se encuentra relacionado con toda la población, no importando el tipo de desarrollo económico y político, constituye un fenómeno que tiene incidencia no solo sobre la salud del ser humano, si no de los seres vivos en general y de alguna manera afectan las estructuras arquitectónicas. Se define la contaminación atmosférica como la presencia de elementos contaminantes en el aire que alteran su composición y que afectan a cualquier componente del ecosistema. Según su origen, los contaminantes atmosféricos se clasifican en antropogénicos, derivados de la actividad humana, o naturales, resultantes de procesos de la naturaleza, por ejemplo erupciones volcánicas o bioaerosoles en suspensión (Morales, 2006). Según el Clean Air Institute (CAI) en su reporte “la calidad del aire en América latina” en el 2013, analizaron la calidad del aire con base en datos recolectados de varios países incluido México, mostraron que ciudades importantes como Guadalajara, Monterrey y Cd de México excedieron los límites de contaminación de acuerdo a lo establecido por las normas europeas y la OMS. La calidad del aire en ambientes internos puede estar influenciada por la acción de distintas partículas suspendidas en la atmósfera como polvo, granos de polen, y aquellas que tienen actividad biológica como bacterias, hongos y virus (Levetin E, Dorsey 2006). Influenciado por la presencia de estas partículas en ambientes cerrados, se define como síndrome del edificio enfermo al conjunto de síntomas diversos que presentan los individuos dentro de estos (INSHT, NTP 289). De esta manera, los bioaerosoles o biopartículas pueden definirse como partículas o microfragmentos de animales, plantas o microorganismos en el aire (Rose 1994, Cox y Wathes 1995). Por lo que una de las valoraciones más importantes para definir la contaminación del aire en interiores es la utilización de bioaerosoles, el cual es un medio de dispersión de microorganismos incluidos los hongos, siendo de gran impacto en la salud humana, provocando todo tipo infecciones, así mismo procesos alérgicos, impacto en la industria farmacéutica, alimenticia y su importancia a nivel ambiental como degradadores de materia orgánica.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la contaminación atmosférica es un problema ambiental que está propiciando la variación en la composición del aire en nuestros tiempos, esto se debe en gran medida a las actividades del ser humano; dando como resultado que factores bióticos suspendidos en el aire (bioaerosoles), puedan ser causa de enfermedades. Sin embargo, se tiene poca información acerca de los mismos en cuanto a su concentración, tipo, género y especie. Es por ello que se ha propuesto utilizar a los bioaerosoles como indicadores de la calidad ambiental interna, para la caracterización del síndrome del edificio enfermo en nosocomios, industrias, escuelas entre otros. Estudios realizados en diferentes hospitales de México (Maldonado-vega, 2014) y Venezuela (Izzeddin A, 2011), reportaron la presencia de bacterias como *Pseudomonas spp*, *Acinetobacter spp* y hongos como *Aspergillus spp*, *Fusarium spp*, en áreas críticas como quirófanos y terapia intensiva. En un hospital de la Cd. de México, se observó en pacientes de terapia intensiva problemas de neumonía por *Acinetobacter spp* asociados a ventilación mecánica (Rojo Enríquez, 2014), esto se ve reflejado en aumento en la mortalidad de estos pacientes en un 40%. Otro problema importante es causado por *Aspergillus spp* de gran importancia debido a su alta distribución en el ambiente, siendo el aire, el medio de dispersión. A pesar de su baja prevalencia (aproximadamente del 4%) tiene una mortalidad que va del 75 al 100% (Cuellar, 2005) (Nina Singh, 2005). Por tal motivo se pretende realizar la evaluación de la calidad del aire en el ambiente intrahospitalario, efectuando la cuantificación y caracterización de los bioaerosoles fúngicos y de esta manera correlacionar la influencia que tienen estos microorganismos sobre las manifestaciones clínicas de las personas que laboran o permanecen en este ambiente cerrado en un periodo de tiempo, generando un riesgo potencial para la salud. Por tal motivo los beneficios propios de la investigación son monitorear la calidad del aire interior del hospital, de esta manera se puede reducir la permanencia de los pacientes, reduciendo las infecciones nosocomiales asociadas a la mala calidad del aire. También se asegura que la calidad del aire este dentro de la normatividad pertinente o servirá como precedente para nuevas legislaciones con respecto a las

concentraciones de bioaerosoles. Por otro lado, debido a que los bioaerosoles son un factor importante para el síndrome del edificio enfermo, se puede reducir el ausentismo laboral, por signos y síntomas asociados a los microorganismos suspendidos en el aire. Aunado a esto, garantizar todas estas medidas se ve reflejado en la economía, no solo institucional sino que a su vez en la economía de los pacientes y trabajadores.

### **3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 Marco teórico**

##### **3.1.1. Antecedentes**

###### **3.1.1.1 Contaminación atmosférica**

El aire es una mezcla gaseosa y fluido transparente, incoloro e inodoro, buen aislante térmico y eléctrico. A la contaminación atmosférica se le define como la presencia en la atmósfera de elementos contaminantes que alteran su composición y que afectan a cualquier componente del ecosistema. Desde un punto de vista antropocéntrico la contaminación atmosférica se refiere a los contaminantes que afectan la salud o el bienestar humano (Morales, 2006). El hombre ha avanzado tecnológicamente, conforme esto ocurre la contaminación atmosférica ha ido aumentando. Cuando el hombre era cazador y recolector, el ambiente estaba limpio y la naturaleza no había sufrido ningún daño. Con el paso del tiempo, a medida que las necesidades del hombre aumentan, la naturaleza ha sufrido mayor daño a causa del poder que ejerce sobre ella; en esa época, la contribución a la contaminación del aire probablemente era menor que la provocada por fuentes naturales (Pardos, 2006).

Durante la revolución industrial, se suscitó un cambio súbito y radical, que se consolidó con los años. Los cambios tecnológicos dieron pauta a la ruptura con el pasado de una forma muy drástica. Áreas como la física y química, fueron protagonistas en las primeras fases de la industrialización, y a medida que avanzaba el tiempo, su aportación fue decisiva. La aplicación de la ciencia a la industria produjo tecnología moderna, que a su vez, produce y se espera que produzca nuevas soluciones a los problemas venideros (Chaves, 2004).

La contaminación del aire es principalmente un fenómeno de la vida urbana, cuando la capacidad del aire para diluir los contaminantes se ha sobrecargado, debido a la población y el desarrollo industrial. El movimiento de los contaminantes desde su fuente a la atmósfera, se conoce como liberación, el movimiento del contaminante de la posición cercana a su fuente a la posición del receptor es el transporte y la interacción al contaminante con el receptor es la exposición (E.

Roberts, 2001). La contaminación atmosférica y su influencia sobre la salud son un problema de salud pública en todo el mundo. La exposición a la contaminación atmosférica tiene muchos efectos adversos sustanciales sobre la salud humana. A nivel mundial, siete millones de muertes se atribuyeron a los efectos conjuntos de la contaminación del hogar y del aire (Jiang XQ, 2016). Diversas investigaciones han demostrado la presencia de microorganismos en el aire, los cuales pueden causar patologías en los organismos vivos, enfermedades tales como asma, bronquitis, pulmonías, neumonías que afectan especialmente las vías respiratorias y otras patologías como infecciones cutáneas. En las plantas, se han reportado microorganismos que producen toxinas, las cuales generan efectos biológicos y patológicos en los diferentes cultivos. Algunos microorganismos son capaces de corroer monumentos y edificios, además de provocar el deterioro de las fachadas, estructuras y archivos (Méndez P, 2016).

#### **3.1.1.2 Contaminación biológica del aire**

Los contaminantes que se producen directamente como emisiones de origen natural o de la actividad humana, son contaminantes primarios. Aquellos que se producen como consecuencia de procesos químicos de los primarios en la atmósfera son los contaminantes secundarios (Veda de kuyper J. 2007). Una gran variedad de organismos que cambian su localización geográfica durante su ciclo de vida, lo hacen a través de la atmósfera. Las partículas biológicas están siempre presentes en dichos ambientes, aunque su número y viabilidad cambien con las horas del día, las condiciones del tiempo, las estaciones del año y su ubicación geográfica. El continuo intercambio entre agua, aire y suelo, nos obliga a incluir a la atmósfera como parte del hábitat del organismo y descubrir en ella diversos factores que determinan su distribución (Rosas I. 2004). Aunque la atmósfera no posee una microbiota autóctona, es un medio adecuado para la dispersión de muchos microorganismos (Almaguer et al. 2012). El componente microbiano de las esporas del aire del exterior es dominado por hongos excepto en lugares cercanos a concentraciones de animales y edificios, donde las bacterias son importantes. Las esporas de hongos son más comunes y puede haber decenas de millares por m<sup>3</sup> durante el verano (R Campbell. 1987). Las bacterias en

condiciones naturales se encuentran en suelo, agua y plantas principalmente como organismo saprobio. Son introducidas a la atmósfera por procesos mecánicos, directamente por la acción del viento y la lluvia sobre el suelo, los cuerpos de agua y la superficie de las hojas e indirectamente por la acción de las olas y la formación de burbujas en los sistemas acuáticos (Rosas I, 2004). Se tiene información que los microorganismos en el aire son causa importante de enfermedades patógenas en plantas, animales y humanos. Estos patógenos se propagan por caminos aeromicrobiológicos, esta microbiota del aire es responsable de varios desordenes alérgicos. Los bioaerosoles fúngicos están presentes en mayores cantidades que el polen en algunos ambientes bajo ciertas condiciones climáticas (PD Sharma, 2005). Los bioaerosoles o biopartículas pueden definirse como partículas o microfragmentos de animales, plantas o microorganismos en el aire (Maldonado, 2014) y que son componentes naturales del aire en ambientes externos e internos, que pueden ser transportados desde el exterior por partículas aerobiológicas que pueden establecerse en el polvo (Toloza, 2012).

### **3.1.1.3 Síndrome del edificio enfermo**

La domopatía es la integración de varias disciplinas como la medicina, ingeniería, biología, arquitectura, con el único propósito de identificar los factores ambientales que favorecen la “bio-habitabilidad de un espacio y valorar como inciden en el confort y la salud en general. Por esto hay factores que pueden hacer que un espacio carezca de las propiedades específicas para hacer una vivienda habitable o crear el síndrome del edificio enfermo y de esta manera afectar la salud, el rendimiento físico y mental. Según la Organización Mundial de la Salud, se estima que un 30% de los edificios pueden presentar problemas de higiene ambiental relacionado con el síndrome del edificio enfermo. De igual modo la EPA reporta que los afectados usualmente muestran síntomas tales como dolores de cabeza, irritación de los ojos, nariz o garganta, tos seca, etc. (Burgos, Rivas, 2008).

Actualmente se han encontrado relaciones entre los microbiomas de los ambientes edificados y sus ocupantes, en cierta manera se sabe que ayudan en

su bienestar, así mismo se han documentado especies fúngicas y bacterianas en el interior de las construcciones que pueden afectar la salud psicológica. (Hoisington, A., et al . 2015). De este manera, es importante determinar el rol de los microbiomas del aire libre y los humanos en los espacios interiores, ya que se menciona, que esta varía según la ubicación geográfica. De igual manera, estos pueden ser ubicuos en ambientes interiores. Sabiendo esto, se debe identificar, los enlaces generales y específicos entre las comunidades microbianas de los ecosistemas exteriores, de los humanos, de los espacios cerrados, dando como resultado mejora en la salud, la productividad de los ocupantes y en cierta medida la comodidad de estos (Leung, M. and Lee, P. 2016). Las fuentes de bioaerosoles microbianos en el entorno construido (interior del edificio) provienen de los humanos ( $10^{12}$  microorganismos en piel y  $10^{14}$  en sistema digestivo), pero también de las mascotas, plantas, sistemas de conexión, calefacción, ventilación y aire acondicionado (imagen 1) (Prussin, A. and Marr, L. 2015).

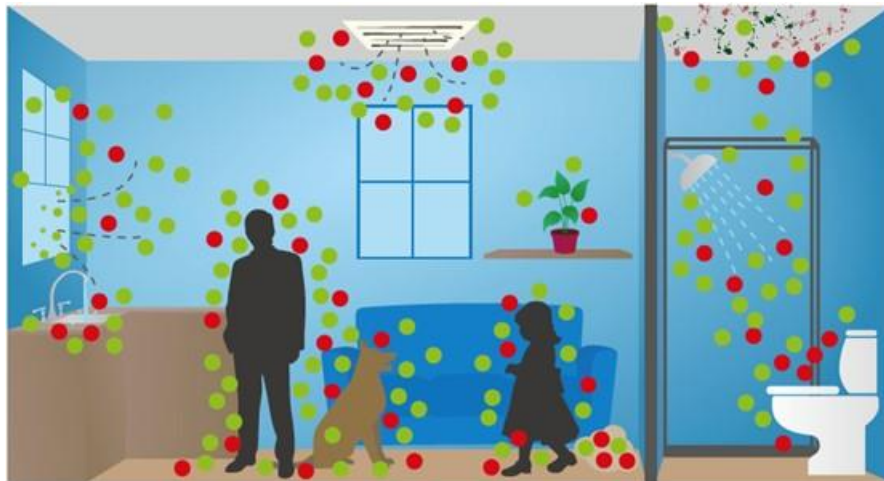


Figura 1.- Distribución espacial y diferentes fuentes de bioaerosoles en un ambiente cerrado.  
(Tomado de Prussin, A. and Marr, L. 2015 )

En cierta medida el aire exterior alberga una amplia cantidad de esporas fúngicas patógenas o alergénicas que representan un riesgo potencial para la salud pública que pueden ser la principal fuente de contaminación de ambientes interiores, como hogares, oficinas y hospitales (Shams-Ghahfarokhi, M. et al, 2014).

#### **3.1.1.4 Bioaerosoles**

Los bioaerosoles, son los aerosoles o dispersiones sólidas o líquidas en el aire, que pueden originarse en forma natural a partir del suelo, están conformados de organismos vivos, como hongos, bacterias, polen, diminutos insectos, así como restos de estos, etc., o de forma artificial como consecuencia de actividades antropogénicas: inquemados, residuos industriales, urbanos, etc. Los efectos en el hombre y otros organismos como plantas, animales, o en ciertos materiales, según sea la actividad del aerosol y la cantidad por unidad de superficie del receptor, pueden ser variados, causando desde enfermedades hasta deterioro de materiales así como pérdidas económicas importantes (Seoanez M., 1998). Los bioaerosoles varían considerablemente en tamaño. Su composición depende de varios factores incluidos el tipo de microorganismo o toxina, tipo de partículas a las que se asocian y los gases en el cual el bioaerosol es suspendido. En general el rango de los bioaerosoles es de 0.02 a 100 micras de diámetro y son clasificados en las bases de su tamaño (PD Sharma, 2005). Los bioaerosoles, particularmente los conformados por microorganismos, albergan una gran diversidad de bacterias y hongos, importantes en diferentes campos de la ciencia, como la medicina, agronomía, biología, microbiología, etc. (Yang Chin, 2007).

#### **3.1.1.5 Bioaerosoles y factores ambientales**

Las sustancias que disminuyen la calidad del bienestar se clasifican como contaminantes, y la existencia de contaminantes en la atmósfera, se denomina contaminación del aire. Las entidades que liberan contaminantes dentro del ambiente son fuentes de contaminación. Los organismos vivos que interactúan con los contaminantes son los receptores (E. Roberts, 2001). Las relaciones entre el medio ambiente, la industria y la salud son múltiples. El impacto del medio ambiente sobre la salud es evidente y proteger el medio ambiente equivale por tanto a proteger al hombre y demás especies, mejorando su entorno natural; asegurando su salud y bienestar físico y mental (Seoanez M, 1998). Muchos factores ambientales han mostrado influencia en la supervivencia de los microorganismos en la atmósfera. La humedad relativa ha sido de mayor importancia en la supervivencia de los microorganismos en el aire. En general, la

mayoría de las bacterias gramnegativas asociadas a aerosoles, tienden a sobrevivir por largos periodos a baja humedad relativa, mientras que las grampositivas tienden a ser más viables con alta humedades relativas. Las bicapas lipídicas de la membrana celular ayuda a la supervivencia, en asociación con alta humedad relativa. La Temperatura es un factor importante en la inactivación de microorganismos. En general, altas temperaturas promueven la inactivación y bajas temperaturas promueven largos periodos de supervivencia y esta cercanamente relacionada con la humedad relativa (PD Sharma, 2005). Un estudio realizado, en el cual utilizaron especies de plantas para el control de bioaerosoles en ambiente intramuros, observaron que la temperatura de las áreas aumentaba de 2 a 3°C condicionante para disminuir la concentración de bioaerosoles en determinados momentos, siendo así, un factor con influencia en la concentración de esporas registradas en el aire (Díaz et al, 2010). Otros factores como la radiación de longitudes de onda corta como UV y rayos X causan daño a la mayoría de bacterias, hongos, virus y protozoos (PD Sharma, 2005). Estudios realizados enfatizan que géneros como *Cladosporium spp*, *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, son los hongos más comunes y su concentración depende de varios factores, dentro de ellos los propios (factores biológicos), Climáticos (temperatura, humedad y precipitación), físicos (movimientos de la atmósfera, turbulencias y calentamiento) (Sidel DF et al, 2015).

#### **3.1.1.6 Contaminación intramuros por bioaerosoles**

Los edificios son ecosistemas complejos que albergan billones de microorganismos que interactúan entre sí, con los seres humanos y su entorno. Entender los procesos ecológicos y evolutivos son de importancia para entender la relación entre el diseño del edificio, la biodiversidad y la salud humana que establecerá la composición del ambiente (Kembel S, 2012). La calidad del aire en el interior de un edificio esta en función de una serie de variables que incluyen la calidad del aire exterior, el diseño del sistema de ventilación/climatización, las condiciones en que este sistema trabaja y se revisa, la compartimentación del edificio, la presencia de fuentes contaminantes interiores y su magnitud (Guardino X, 1994). La calidad del aire interior es determinada por la temperatura, humedad

relativa y las propias actividades humanas, que son condicionantes para el crecimiento de microorganismos que influyen en la salud de las personas, estas condiciones de espacios cerrados son de importancia ya que permiten el contacto con los diferentes alérgenos dispersos en el aire a través de la respiración, causando manifestaciones clínicas que van relacionadas con el síndrome del edificio enfermo (Hernández-Velandia, 2015).

Las personas que viven en áreas urbanas pasan entre el 80 y el 90 % de su tiempo realizando actividades sedentarias en espacios interiores, tanto durante el trabajo como durante el tiempo de ocio (Guasch J. 1994). Por lo tanto, la vida sedentaria de las personas las expone a los contaminantes que se acumulan dentro de los espacios cerrados. Debido a esto, la mayor parte de los efectos de la contaminación del aire sobre plantas, animales, inmuebles y salud humana trascienden a un costo directo para los individuos y la sociedad (W Strauss. 2001). Se hace mención que la ocupación de un edificio, independientemente de las características de uso y la aparición de síntomas que desencadenen una enfermedad están íntimamente ligadas (Berenguer et al, INSHT). Por tanto la prevención en el control de la calidad del aire dentro de los espacio intramuros, es principalmente eliminar o disminuir las condiciones que promueven la entrada, dispersión o deposición de los microorganismo (Guardino X, 1994). Un estudio realizado en un edificio dedicado al archivo de documentos, evaluó la calidad del aire y 57% del personal manifestó síntomas como irritación de ojos y nariz, encontrando microorganismos con potencial patógeno, como *Mucor spp*, *Penicillium spp*, *Candida spp*, *Rhodotorula spp*, *Pseudomonas spp*, *Acinetobacter spp*, que pueden propiciar el desarrollo de una enfermedad, si las condiciones de salud del personal lo permiten (Tolaza-Moreno. 2011).

### **3.1.1.7 Bioaerosoles y salud humana**

La Aeromicrobiología es el estudio de todas las formas de vida microbiológica presente en el aire. Es el estudio de varios aspectos intramuros y extramuros en relación con la trasmisión de microorganismos ambientalmente relevantes en el aire, incluidos virus, bacterias, hongos, levaduras y protozoarios que se vuelven de

gran importancia en la salud pública. Los ambientes intramuros tienen mucha menos radiación, exposición y limitada circulación de aire. Las temperaturas controladas y la humedad relativa presentes en estos lugares, pueden permitir la supervivencia de los microorganismos. Todas estas condiciones, son adecuadas para la acumulación dentro de ambientes cerrados, incluidos oficinas, hospitales, laboratorios y espacios recreativos cerrados (PD Sharma. 2005). Las relaciones entre el medio ambiente y la salud son múltiples. El impacto del medio ambiente sobre la salud es evidente y proteger el medio ambiente equivale por tanto a proteger al hombre, mejorando su entorno natural y asegurando su salud y su bienestar físico y mental (Seoanez M. 1998).

Es casi imposible calcular el costo de servicios de salud adicionales, el tiempo de trabajo perdido y otros factores relacionados con la salud, pero algunos intentos indican cantidades asombrosas. En forma similar, los costos de reparación de edificios, pérdidas de obras de arte y las pérdidas estéticas relacionadas son realmente invaluable (W. Strauss 2001). Actualmente de manera multidisciplinaria, diversos profesionistas han considerado estudiar la calidad del aire interior, desde la estructura y la composición de las comunidades aerotransportadas, todo en base con el diseño del edificio ya que este puede tener un efecto sustancial en la salud de los ocupantes, por tanto se está tratando de comprender la dinámica entre la relación de los microorganismos dispersos y la estructura arquitectónica a través de estrategias de ventilación, usos del edificio a través del tiempo. Por tal motivo se ha demostrado que los espacios bien ventilados son deseables para una buena salud y productividad, mientras que la ocupación humana es causa de la presencia de microorganismos en el aire, sobre todo aquellos que tienen estrecha relación con el humano (Meadow, J. 2013).

Diversos estudios epidemiológicos mencionan que el aire contiene gran variedad de agentes orgánicos como bacterias, endotoxinas y hongos. La acumulación de estos agentes depende de las características de la vivienda, incluso también de la estación del año en la que se encuentre; Spilak et al (2015) menciona que la dimensión del espacio cerrado aunado a la estación del año, la humedad relativa y

el nivel del suelo, presentan mayor influencia sobre las concentraciones de los microorganismos dispersos en el aire, generando un potencial inflamatorio para las personas que residen en estos espacios.

Herr. et al. (2003) observaron que la contaminación por bioaerosoles en aire exterior fue causa de manifestaciones respiratorias en la población de una determinada zona residencial, demostrando la relación que existe entre las manifestaciones clínicas y la contaminación por estos microorganismos en el aire. Una parte importante de los componentes de los bioaerosoles, son las partículas o agentes antigénicos libres, como lipopolisacáridos, peptidoglucanos, etc. De esta manera Mueller-Anneling (2006) determinó la eficacia en el análisis de sangre utilizando biomarcadores, que ponen de manifiesto a agentes inflamatorios provenientes del polvo suspendido en el aire, por este tipo de componentes bioquímicos. Por otro lado, los bioaerosoles en el aire que son inhalados pueden ser causa de enfermedades sistémicas y oportunistas. Especies de hongos como *Aspergillus spp* y *Fusarium spp*, así como *Cryptococcus neoformans* son ejemplo de ellos y sobresalen dentro de los agentes causales de las micosis sistémicas oportunistas (De la Rosa et al, 2002). Desde el punto de vista de las condiciones de trabajo, la problemática de la calidad del aire en locales en los que no se realizan actividades de tipo industrial, está adquiriendo una cierta relevancia. La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa, no ocasiona un exceso de bajas por enfermedad; pero cuando los síntomas llegan a afectar a más del 20% de los ocupantes de un edificio, se habla del "Síndrome del Edificio Enfermo" (Berenguer et al, INSHT). Debido a esto, se han realizado estudios importantes sobre la calidad del aire en el interior de hospitales. En el 2014 se realizó un estudio en dos hospitales de Guanajuato, Mex, en donde se puso de manifiesto, que dichos establecimientos no cumplían con la calidad de aire requerida para este tipo de edificio dedicado a la atención a la salud teniendo concentraciones de entre a 40-442 UFC/m<sup>3</sup>, y con microorganismos como *Escherichia coli*, *Enterobacter cancerogenus* y *Acinetobacter spp* con respecto a bacterias y hongos como *Microsporum audouinii*, *Cladosporium oxysporum*, *Mucor ramosissimus*, *Alternaria arborescens* y *Cryptococcus albidus*. Siendo de gran

importancia ya que pueden causar enfermedades en pacientes con algún desorden inmunológico (Maldonado et al, 2014). Leung y Chang en el 2006 desarrollaron un monitoreo y aplicaron estrategias para mejorar la calidad del interior del aire hospitalario, en conjunto con diversos profesionistas como trabajadores de la salud, ingenieros y personal en general, en donde evaluaron diferentes factores que intervienen en la calidad del aire, como lo son los filtros de aire, sistemas de presión negativa, etc. Todo ello para tener un sistema estandarizado para mantener la calidad del aire, en condiciones para dicho establecimiento.

Por tanto la gran importancia del monitoreo de la calidad del aire es necesaria para establecer el riesgo higiénico de cada puesto de trabajo, fijando los valores límite o umbrales de exposición en función de la naturaleza del agente contaminante, de la magnitud de sus efectos sobre el trabajador, de la respuesta de este la intensidad de exposición, etc. La evaluación en un determinado puesto de trabajo se realiza desarrollando estudios minuciosos del lugar determinado y de su atmósfera, identificando sus contaminantes mediante técnicas de observación, toma de muestra y de análisis de cuantificación de las muestras obtenidas, determinando los valores reales de exposición y comparando estos valores reales con los valores de referencia o valores límites de exposición y la respectiva interpretación de los resultados, por último aplicando medidas de corrección y puesta en marcha de un servicio de vigilancia periódica (Seoanez M, 1998).

De esta manera se denota la importancia que en los ambientes interiores se realice una caracterización de las fuentes de contaminación, ya que la gente suele pasar más del 90% de su tiempo en estos espacios. Así mismo se sabe que la calidad del aire es un factor importante que debe controlarse para mantener la salud y la comodidad de sus ocupantes (Pitarma, 2017).

## 3.2 Marco conceptual

### 3.2.1 Tipo de investigación

Observacional, Prospectiva, Longitudinal, Comparativa, Exploratoria.

### 3.2.2 Conceptos utilizados

- 3.2.2.1 **Humedad relativa.**- es la concentración de vapor de agua, presente en un cierto volumen de aire, comparado con la capacidad de vapor de agua que puede contener el aire en un determinado tiempo a cierta temperatura. Es importante a determinar ya que es un condicionante para la supervivencia de los hongos dispersos en el aire.
- 3.2.2.2 **Temperatura.**- es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema y es referida a las nociones de calor medible. Es factor importante ya que promueve la inactivación de microorganismos. En general, altas temperaturas promueven la inactivación y bajas temperaturas promueven largos periodos de supervivencia.
- 3.2.2.3 **Actividades antropogénicas.**- esta variable se refiere a los efectos, procesos o acciones que resultan de las actividades humanas, es importante ya que estas actividades pueden favorecer la presencia de los bioaerosoles.
- 3.2.2.4 **Bioaerosoles.**- dispersiones solidas o liquidas en el aire, que pueden originarse en forma natural a partir del suelo, están conformados de organismos vivos, como hongos, bacterias, polen, diminutos insectos.

### **3.3 Marco legal**

Dentro del marco de las ciencias ambientales, la salud es parte primordial y debido a eso, es pieza fundamental de los objetivos para el desarrollo sostenible o también llamados objetivos mundiales, establecidos por la ONU en su programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD), siendo la salud el tercer objetivo que tiene por nombre “salud y bienestar”; donde se implementan metas a cumplir al 2030. Dentro de los alcances más importantes y que competen a esta investigación, es el llamado “buena salud” cuya función es garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades.

Refiriéndonos a ello, en varios puntos y metas del objetivo planteado por el PNUD esta el poner fin a epidemias como el SIDA; tuberculosis, Enfermedades tropicales, respiratorias, etc; así mismo, la reducción considerable del número de muertes y enfermedades. Por lo tanto una de las metas de esta tesis es aportar información importante acerca de la calidad del aire al interior de edificios en particular de un hospital.

Reforzar la capacidad de los países en materia de alerta temprana para la reducción de riesgos para la salud nacional y mundial es otro objetivo que se plantea, por ello el saber y dar a conocer como es que se encuentra la calidad de aire en interior, así como en cada una de las áreas que conforman un nosocomio y monitorizar la calidad atmosférica interna y sobre todo conocer a que especies fúngicas se están expuestos tanto el personal que labora como pacientes, generaría alternativas y un plan de manejo en caso de alguna contingencia.

De igual manera dentro de los “objetivos mundiales” relacionados con este trabajo de tesis, se encuentra el objetivo ocho “Trabajo decente y crecimiento económico” en particular aquel que dice acerca de proteger los derechos laborales y promover un entorno seguro, por lo cual garantizar la calidad del aire es un derecho a la salud de las personas.

Debido a esto y a que la contaminación del aire es un problema ambiental que últimamente esta tomando gran importancia. La OMS ha manejado y establecido

ciertas medidas para controlar este problema ambiental ya sea de manera externa o intramuros.

Por ello, en la cuestión legal el trabajo de tesis se fundamenta, el artículo 4° de la constitución mexicana, el cual menciona el derecho toda persona a la protección de la salud humana y a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

En los artículos 116 y 118 de la ley general de salud, que establecen normas, como medidas y actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños pertinentes con el medio ambiente.

A pesar de la política que marca la constitución mexicana y la ley general de salud, en México no hay una norma que regule la concentración de bioaerosoles en el aire. Si bien se encuentran dos normas muy importantes la NOM-025-SSA1-2004 y NOM-048-SSA1-1993.

La NOM-025-SSA1-2004 hace mención sobre salud ambiental y límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas en el ambiente, pero los criterios de evaluación son insuficientes ya que se enfoca en su mayoría a compuestos orgánicos y en minoría a los bioaerosoles. De igual modo la NOM-048-SSA1-1993, da pautas a seguir dependiendo de los resultados y valores de exposición a estos contaminantes biológicos; categorizando en riesgo menor, medio o superior de acuerdo al grado de exposición y a las medidas tomadas antes y después de esta. Aún con estas herramientas, no son suficientes estas normas ya que no especifican concentraciones máximas permisibles dentro de espacios cerrados o abiertos para este tipo de contaminantes biológicos o bioaerosoles.

Por otro lado, la unión europea ha realizado e implementado varias normas o leyes para monitorizar, manejar y determinar la calidad del aire, particularmente las normas españolas detallan especialmente el manejo de los bioaerosoles.

En cuanto a México la información o la legislación es muy poca, en la tabla 1 se presentan algunas de las normativas actuales para la monitorización de la calidad del aire.

Tabla 1.- Normativa para el manejo en la calidad del aire.

Fuente: Autoría propia 2017

<b>Norma Oficial Mexicana.</b>	NOM-025-SSA1-2004, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a material particulado.
<b>Norma Oficial Mexicana</b>	NOM-048-SSA1-1993. Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.
<b>Norma Oficial Mexicana</b>	Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental-Salud ambiental-Residuos peligrosos biológico-infecciosos-Clasificación y especificaciones de manejo
<b>Reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo</b>	Capítulo cuarto. Agentes contaminantes biológicos. Artículo 41 y 42
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles. 2011.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 609: Agentes biológicos: equipos de muestreo (I). 2011.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 636: Ficha de datos de seguridad para agentes biológicos. 2011.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración. 2011.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 610: Agentes biológicos: equipos de muestreo (II). 2011.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 203: Contaminantes biológicos: evaluación en ambientes Laborales
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 422: Endotóxicas en ambientes laborales.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.</b>	NTP 611: Agentes biológicos: análisis de las muestras.
<b>(INSHT). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España</b>	NTP 409 Contaminantes biológicos: criterios de valoración

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿ Cuáles son los bioaerosoles fúngicos que determinan la calidad del aire intrahospitalario en las diferentes áreas del hospital y que generan un potencial impacto a la salud del usuario (pacientes/familiares) y personal médico durante su estancia o jornada laboral?

#### **5. HIPÓTESIS**

Las altas concentraciones así como las especies de bioaerosoles fúngicos comprometen la calidad del aire del interior del hospital y generan un potencial impacto en la salud humana.

#### **6. OBJETIVOS**

##### **6.1 Objetivo general**

Evaluar los tipos de bioaerosoles fúngicos y la calidad del aire interior de un ambiente intrahospitalario en la ciudad de Puebla y su impacto potencial en la salud humana.

##### **6.2 Objetivo específicos**

- Comparar la concentración de bioaerosoles fúngicos en dos periodos del año 2017.
- Relacionar las condiciones ambientales del hospital, como temperatura y humedad relativa con la concentración de los bioaerosoles en las diferentes áreas del hospital.
- Identificar género y especie de los bioaerosoles fúngicos presentes en el hospital.
- Relacionar mediante la aplicación de encuestas al personal hospitalario, el posible impacto de los bioaerosoles fúngicos en la salud de trabajadores.

## 7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 7.1 Localización

La presente investigación se realizó en el estado de Puebla, ubicado al Sureste del Altiplano de la República, se encuentra entre los paralelos  $17^{\circ} 52'$  -  $20^{\circ} 52'$  latitud norte y los  $96^{\circ} 43'$  y  $99^{\circ} 04'$  de longitud Oeste (INAFED,2010)), en particular al norte de la ciudad de Puebla (municipio de Puebla)(figura 2), con una altitud de 2,160 msnm (INEGI, 2011); en un hospital de segundo nivel de acuerdo con la clasificación de las unidades hospitalarias.



Figura 2.- Localización del estado y ciudad de Puebla, donde se encuentra el hospital y se realizó la presente investigación.

### 7.2 Fase de campo

La fase de campo se realizó como ya se hizo mención, en una instalación hospitalaria, en las áreas blancas, grises y negras. Se realizó el registro de la humedad relativa y temperatura.

#### 7.2.1 Muestreos de campo

Esta fase se realizó en diferentes áreas del hospital; áreas blancas (zona estéril), áreas grises (acceso restringido) y áreas negras (acceso común). Áreas blancas

tales como Quirófanos (figura 3), unidad de cuidados intensivos adultos (UCIA) (figura 4), unidad de cuidados intensivos en neonatos (UCIN), unidad de cuidados intensivos en recién nacidos (UCIREN) (figura 5). Áreas grises como urgencias, laboratorio y por último áreas negras como la sala de espera.



Figura 3.- Ubicación espacial de las salas de quirófano.  
Autoría propia 2017

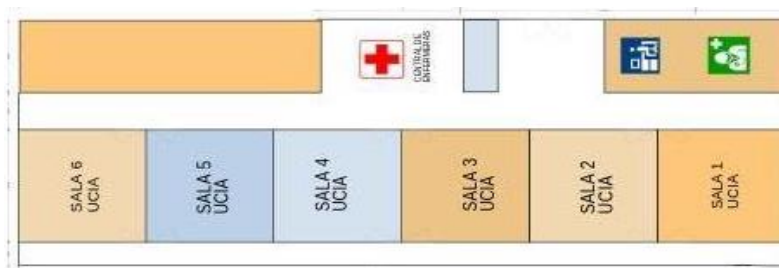


Figura 4.- Ubicación espacial de las salas de UCIA.  
Autoría propia 2017

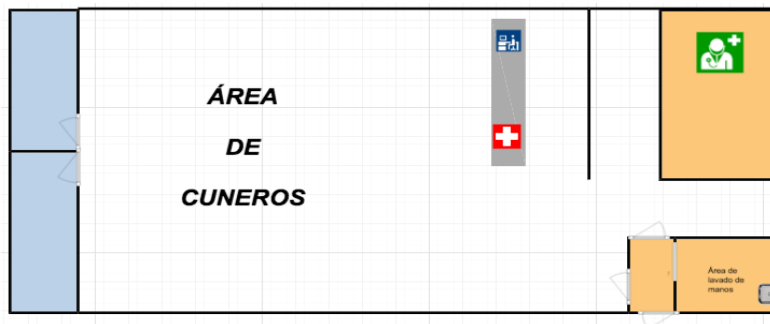


Figura 5.- Ubicación espacial de los cuñeros de UCIREN Y UCIN.  
Autoría propia 2017

El muestreo para determinar la calidad de aire, se realizó con un equipo microbiológico ambiental de marca Millipore M Air T (figura 6), que utiliza el método de sistema de superficie del aire que impacta los bioaerosoles (en este caso fúngicos) sobre medios de cultivo agar dextrosa Sabouraud. Al mismo tiempo se recabaron datos de temperatura, humedad relativa y hora del muestreo. Se

implementó la técnica de impactación por duplicado. Y se efectuaron 69 encuestas (Ver anexo I) al personal del hospital que participaron de manera voluntaria.



Figura 6.- Muestreador ambiental M air T compact con un flujo de aire de 250L/min que recoge a los microorganismos en placas Rodac.

### **7.3 Fase de laboratorio**

Las muestra obtenidas en la fase de campo, se analizaron en el Laboratorio de Micología del Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

#### **7.3.1 Establecimiento de bioensayos o análisis de muestras de campo**

Las muestras fueron incubadas a 28°C durante 7 días. Posterior a los periodos de incubación se realizó el conteo de UFC/m<sup>3</sup>, anotando los resultados obtenidos en la bitácora.

Se seleccionarán las colonias para su aislamiento y de esta manera aplicar cada una las diferentes metodologías para su identificación fenotípica y pruebas complementarias.

Para la identificación de hongos filamentosos, se ejecutó la técnica de Ridell o microcultivo (Ver anexos II) de observación macroscópica y microcultivo, mediante la observación de conidios y estructuras características propias de cada hongo.

Para levaduras se empleó un Chromoagar (BBL™ CHROMagar™) para una previa clasificación del género de *Candida spp*, posteriormente se utilizó auxonograma (Auxacolor™) que consta de pruebas fisiológicas y bioquímicas que

comprenden una serie de ensayos de asimilación de carbohidratos para levaduras. (Ver anexo III)

#### **7.4 Análisis estadístico**

Se realizó el análisis estadístico utilizando herramientas descriptivas de primera instancia, prueba de wilconxon y se determinó el índice de Shannon para determinar la variabilidad de la diversidad de la microbiota presente en el aire y un análisis de covarianzas (ANOVA).

## 8.RESULTADOS

Las áreas muestreadas fueron las siguientes: Unidad de cuidado intensivos neonatos, recién nacidos y adultos (UCIN, UCIREN y UCIA) (figura 7), Laboratorio, Quirófanos, Sala de espera y Urgencias (figura 8). El análisis de estos datos se hizo a través de los programa estadísticos SPSS y Rcommander (todos ellos con un nivel de significancia de 0.05) obteniendo los siguientes resultados.



Figura 7.- Unidad de cuidados intensivos tanto para infantes y adultos  
Autoría propia 2017



Figura 8.- Áreas muestreadas Laboratorio, Quirófano y urgencias.  
Autoría propia 2017

Los resultados obtenidos durante el primer y segundo muestreo, en las áreas ya mencionadas, muestran una contaminación por arriba de los límites establecidos por la normas, en específico la norma NTP-409 del INSHT la cual menciona un valor permisible de 100 UFC/m<sup>3</sup> de hongos dispersos en el aire (figura 9), salvo cuatro áreas durante el segundo muestreo que estuvieron dentro de lo permisible siendo estas tococirugía, Laboratorio, UCIREN y Quirófanos. Actualmente el estudio de la calidad del aire interior esta tomando mucha importancia, debido a que hay pocos estudios, sobre la caracterización de los contaminantes biológicos presentes, debido a que tiene un alto impacto en la salud humana, de esta manera los resultados concuerdan con lo obtenido por Lukaszuk et al (2016) caracterizaron los bioaerosoles y evaluaron la calidad del aire de dos escuelas preescolares en Kavala, Grecia donde encontraron que las humedades relativas fueron un factor importante para la dispersión de bioaerosoles fúngicos con concentraciones de 478 UFC; con especies como *Aspergillus spp*; *Penicillium spp*, *Cladosporium spp*, *Alternaria spp* y *Candida spp*.; de igual manera Hernández y Lizarazo en el 2015, reportan una concentración de 470 UFC/m<sup>3</sup> en un edificio dedicado a los archivos de una empresa de Energía de Boyacá en Colombia.



Figura 9.- Crecimiento en placa de bioaerosoles fúngicos en 24 horas a la izquierda y a las 72 horas derecha.  
Autoría propia 2017

En la tabla 2 se observa el promedio de la concentración de bioaerosoles en cada área muestreada, así como las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa.

Tabla 2.- Concentración de bioaerosoles fúngicos, humedad relativa y temperatura de las áreas muestreadas del en los dos periodos (Primavera-verano; Otoño invierno).

Autoría propia, 2017

Tipo de área	Área muestreada	UFC/m <sup>3</sup>	UFC/m <sup>3</sup>	HR (%)	HR (%)	T (° C)	T (° C)
Blanca	UCIN	160	198	33	43	24	22
Blanca	UCIA	103	495	31	64	26	23
Gris	Urgencias	427	187	34	51	23	24
Blanca	Tococirugía	321	31	36	34	27	27
Gris	Laboratorio	190	55	30	43	23	22
Blanca	UCIREN	393	38	35	46	25	23
Negra	Salas de espera	335	171	32	53	22	22
Blanca	Quirófanos	313	11	35	26	26	27

Las áreas muestreadas presentaron una temperatura de entre 22 a 27 ° C y una humedad relativa de 30-64%, estas condiciones son las propicias para la permanencia de estos bioaerosoles, temperaturas bajas y humedades relativas altas promueven la supervivencia de los bioaerosoles fúngicos, en general estas condiciones son adecuadas para una mayor permanencia de los hongos, no solo en el aire, sino en el ambiente. En cuanto a la humedad relativa y temperatura, esto se relaciona con lo realizado por Tolaza (2012), donde reporta una humedad relativa de 50-60% y temperaturas 19-20 °C, teniendo un rango de concentración de bioaerosoles entre 58-101 UFC/m<sup>3</sup>, condiciones que promueven la suspensión de los bioaerosoles fúngicos en el aire.

Se realizó la comparación estadística de las UFC (Rcommander) para observar si había diferencia estadísticamente significativa entre los distintos muestreos y las áreas hospitalarias muestreadas. Para el caso de los diferentes muestreos se obtuvo una  $p= 0.0024$ , por lo que hay diferencia significativa entre los

periodos muestreados, en la figura 10 se puede observar que en el primer muestreo hay una menor dispersión de los datos a pesar de tener concentraciones elevadas, en comparación con el segundo muestreo donde se observa la presencia de datos aberrantes muy elevados comparándolo con las concentraciones bajas obtenidas en el segundo muestreo. De esta manera se observa que el periodo o temporada de muestreo influye en la concentraciones de los bioaerosoles dispersos en el aire.

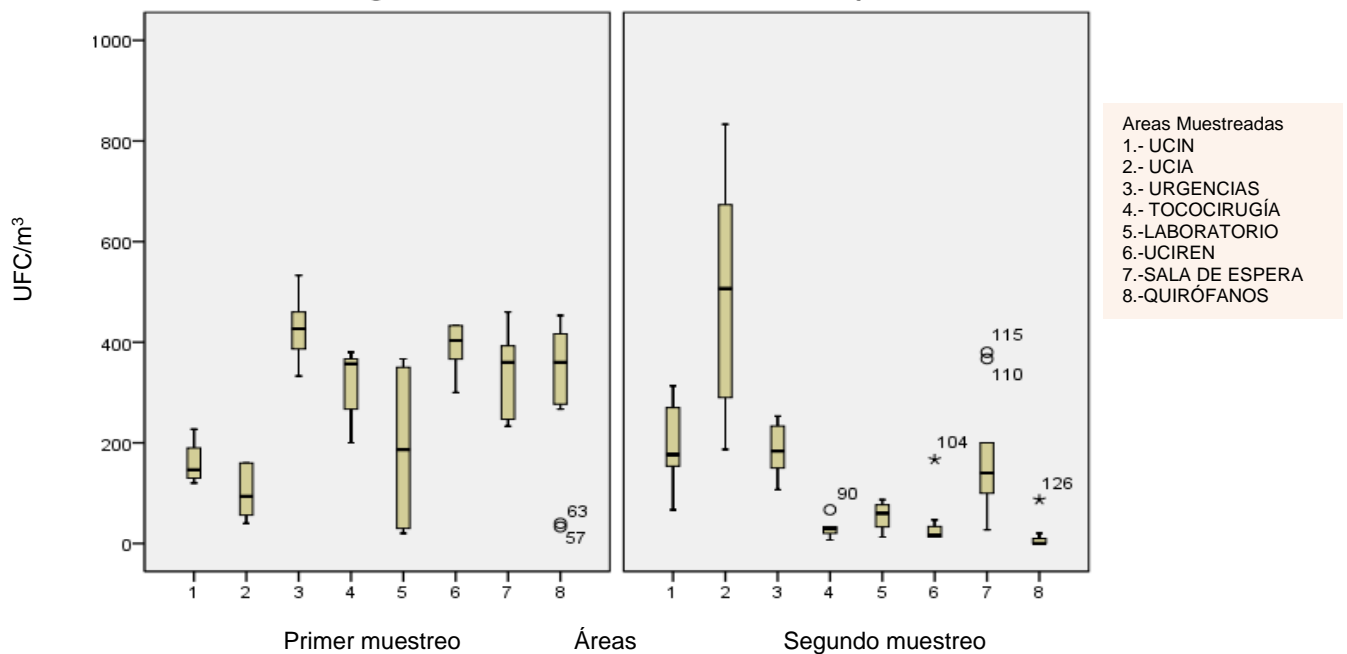


Figura 10.- Diagrama de cajas y brazos de las diferentes áreas en cuanto a concentraciones de bioaerosoles (UFC/m<sup>3</sup>) en los dos muestreos realizados. A) Primer periodo de muestreo, distribución de las concentraciones por arriba de lo esperado y datos entrelazado entre si; B) Segundo periodo de muestreo mayor dispersión de datos y sin entrelazamiento de los mismos.

Autoría propia

Para la contaminación por bioaerosoles fúngicos en cada área hospitalaria, se realizó una prueba de contingencia (Chi cuadrada de Pearson en Rcommander) obteniendo un valor de  $p=0.1448$ , por lo que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las áreas. Se puede observar en la figura 11, como todos los datos se superponen, observando un problema de contaminación por agentes

biológicos dispersos en el aire, en este caso por hongos, independientemente del tipo de área que se trate ya sea blanca, gris o negra.

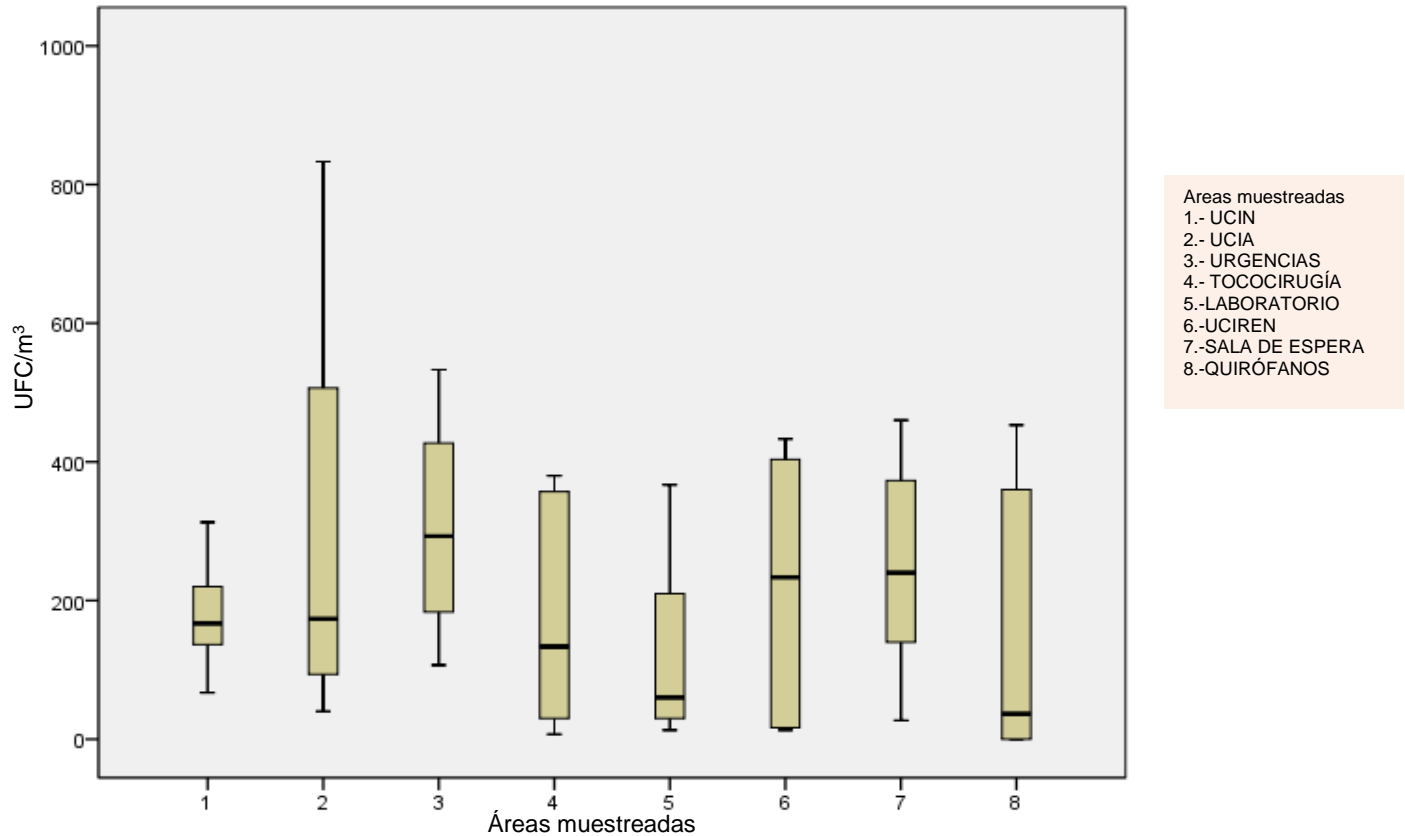


Figura 11.- Distribución general de las UFC/m<sup>3</sup> dispersas en el aire dentro de cada área del hospital muestreado. Se observa en la gráfica un entrelazamiento general de las UFC por lo que se considera una contaminación del aire homogénea en todas las áreas hospitalarias.

Autoría propia

De igual manera se realizó un análisis de covarianza a través del programa SPSS en donde se obtuvo una  $p=000$ , un resultado similar a lo obtenido en Rcommander mediante la prueba de Wilcoxon. Por lo que estadísticamente se refuerza lo obtenido en el estudio.

Con respecto a las condicionantes ambientales, se obtuvieron datos de temperatura y humedad relativa, con la intención de conocer cuál de estas es la condicionante para la presencia de estos bioaerosoles fúngicos dispersos en el aire del hospital.

Para el caso de la temperatura (vea tabla 2) oscila entre 22 y 27 °C, se aplicó prueba de Wilcoxon (Rcommander) obteniendo una  $p= 0.35758$ , donde no hay diferencia significativa entre las temperaturas internas del hospital (ver figura 12), por lo que la temperatura, podría no ser una condicionante ambiental para las altas concentraciones de bioaerosoles fúngicos.

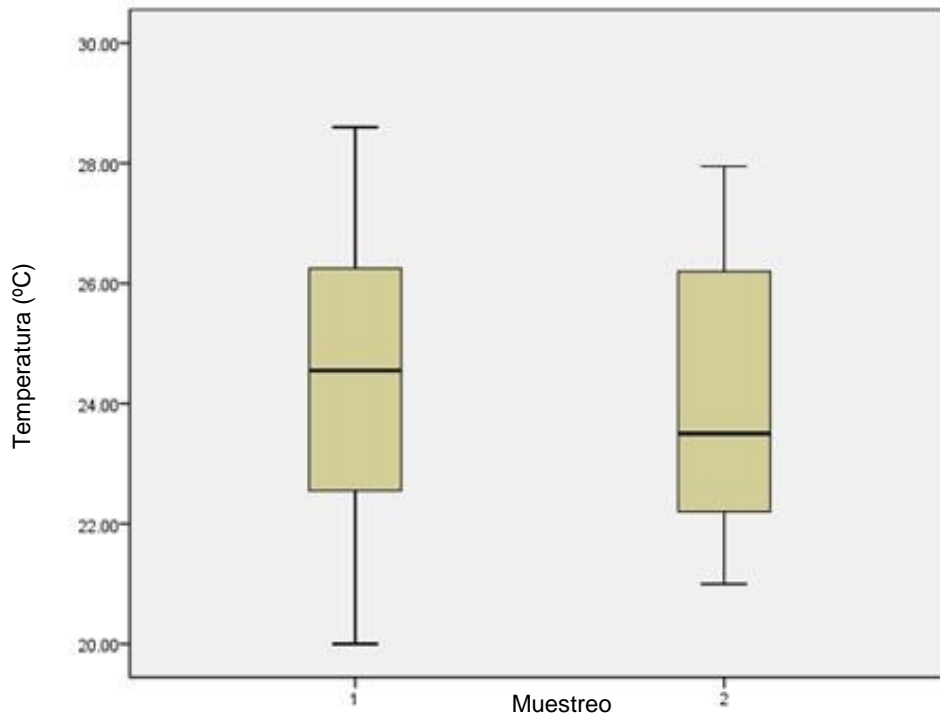


Figura 12.- Comparación en cajas y brazos de la temperatura (°C) de los diferentes muestreos dentro del hospital, donde se observa que se interpolación de los datos lo que determina que no hay variación de la temperatura.

Autoría propia

La humedad relativa fue otra condicionante ambiental que fue tomada en cuenta para el estudio; al igual que la temperatura se realizó el mismo tratamiento estadístico, teniendo  $p=0.00026$ , lo que representa una diferencia significativa (ver figura 13). Estas fluctuaciones de humedad siguen que puede ser causa de las fluctuaciones y altas concentraciones de bioaerosoles fúngicos en las áreas muestreadas del hospital.

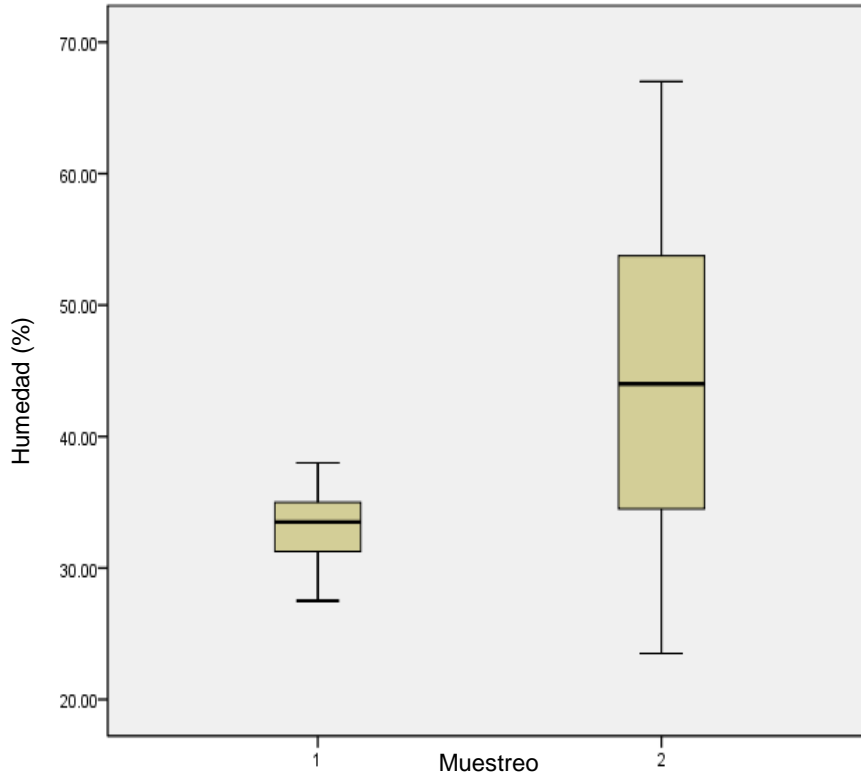


Figura 13.- Comparación en cajas y brazos de la humedad relativa de los diferentes muestreos dentro del hospital, donde se observa valores de 28-38% para el primer muestreo y valores de 26-63% para el segundo., se observa diferencia estadísticamente significativa.

Autoría propia

Con estos datos obtenidos estadísticamente, lo siguiente fue analizar todas las variables como la temporada de muestreo, la humedad relativa y la temperatura; realizándose un análisis de covarianzas para buscar las condicionantes que influyen principalmente en las altas concentraciones de bioaerosoles fúngicos dentro del hospital. En la figura 14 se observa que estadísticamente, la humedad relativa y el periodo o temporada de muestreo influyen directamente en las concentraciones de los bioaerosoles fúngicos teniendo una  $p=000$ , a diferencia de la temperatura que fue de 0.590, descartándola como un factor determinante sobre la presencia de los bioaerosoles.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	20.636	167.082		.124	.902
Humedad Relativa	10.307	1.466	.621	7.032	.000
Temperatura	-3.005	5.566	-.041	-.540	.590
Temporada	-257.281	27.447	-.738	-9.374	.000

a. Variable dependiente: UFC

Figura 14.- Se observa que estadísticamente la humedad relativa y la temporada son importantes para la variable dependiente concentración de bioaerosoles (UFC), descartando la variable temperatura.

Autoría propia

Uno de los objetivos fue determinar que tipo de bioaerosoles fúngicos están dispersos dentro de las áreas hospitalarias. Cabe destacar que los daños a la salud humana y en general, depende del tipo de hongo disperso en el aire, por tanto se realizó la identificación fenotípica de estos bioaerosoles fúngicos aislados, se identificaron un total de 25 géneros y 13 especies (ver tabla 3), así mismo en la figura 14 se observa el comportamiento en cuanto a las especies encontradas durante los diferentes muestreos, en donde la humedad relativa fue mas baja (primer muestreo o temporada primavera-verano) dando pauta a la presencia de hongos demateaceos como *Cladosporium spp*, *Rinocladiella acuesperma*, *Fonseca pedrosoi*, de los cuales se sabe que crecen mejor en climas cálidos. En caso contrario géneros como *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, fueron observados en los dos muestreos, la diferencia radica en los porcentajes de aislamientos con respecto al primer o segundo muestreo, ya que *Penicillium spp* fue mas abundante en la primera temporada y *Aspergillus spp* en la segunda temporada. Cabe resaltar la importancia en la identificación de estos bioaerosoles fúngicos, ya que se obtuvieron especies con alto potencial patógeno, sobre todo que pueden afectar de manera directa a pacientes inmunocomprometidos o inmunosuprimidos, tales géneros son *Candida albicans* y *Candida glabrata*, de la cual se tiene reporte de infecciones nosocomiales producida por este hongo levaduriforme, de igual modo la presencia de *Cryptococcus neoformans*, que produce cuadros

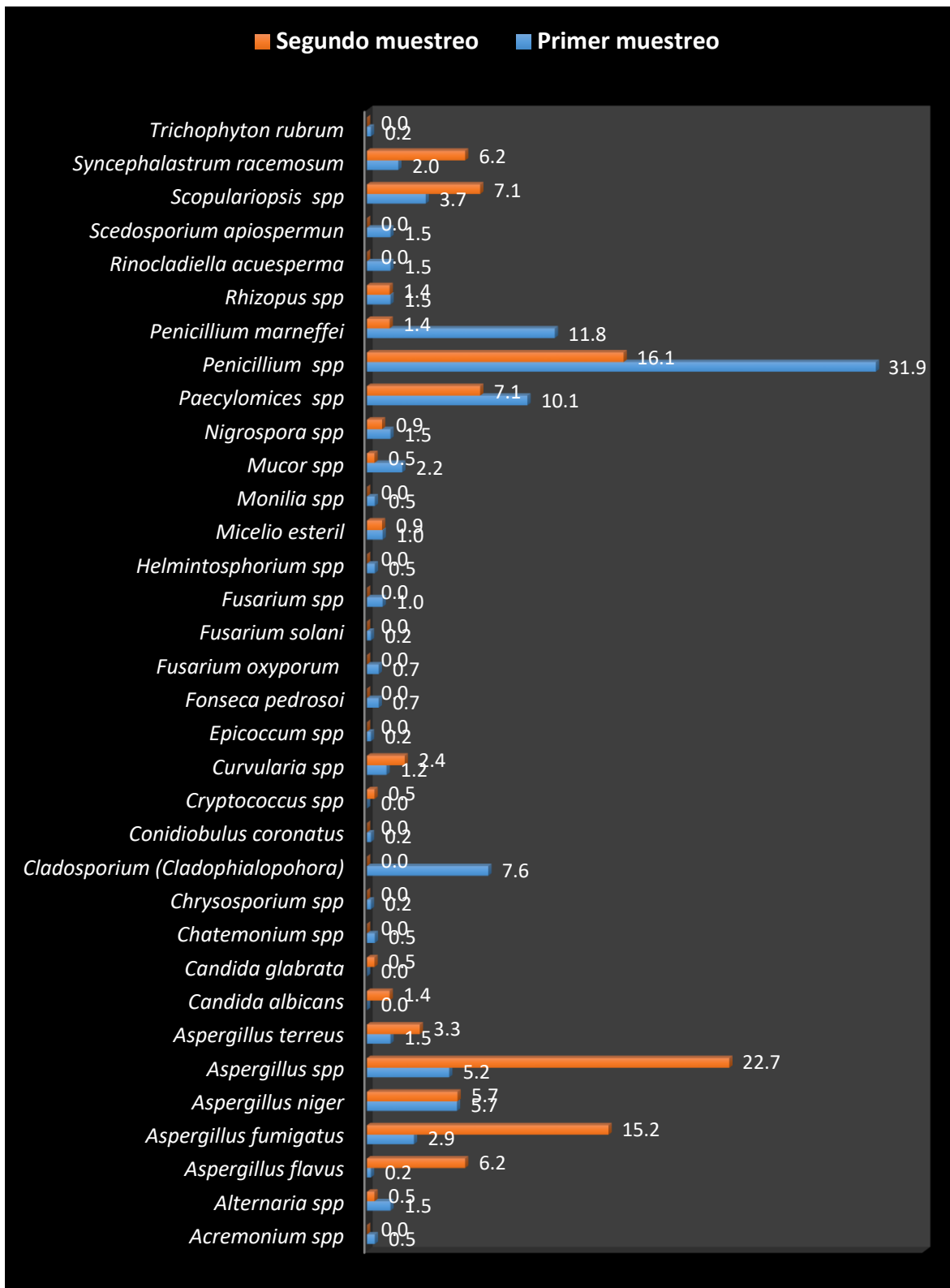


Figura 14.- Relación en porcentaje de bioaerosoles fúngicos identificados en el aire hospitalario.  
Autoría propia

Tabla 3.- Frecuencia en porcentaje de los agentes fúngicos aislados en los muestreos realizados dentro del hospital (Primavera-verano; Otoño-invierno)

Autoría propia

Hongo identificado	Primer Muestreo		Segundo muestreo	
	Total de aislamientos	Porcentaje (%)	Total de aislamientos	Porcentaje (%)
<i>Acremonium sp</i>	2	0.5	0	0.0
<i>Alternaria sp</i>	6	1.5	1	0.5
<i>Aspergillus flavus</i>	1	0.2	13	6.2
<i>Aspergillus fumigatus</i>	12	2.9	32	15.2
<i>Aspergillus niger</i>	23	5.7	12	5.7
<i>Aspergillus sp</i>	21	5.2	48	22.7
<i>Aspergillus terreus</i>	6	1.5	7	3.3
<i>Candida albicans</i>	0	0.0	3	1.4
<i>Candida glabrata</i>	0	0.0	1	0.5
<i>Chatemonium sp</i>	2	0.5	0	0.0
<i>Chrysosporium sp</i>	1	0.2	0	0.0
<i>Cladosporium (Cladophialopohora)</i>	31	7.6	0	0.0
<i>Conidiobulus coronatus</i>	1	0.2	0	0.0
<i>Cryptococcus sp</i>	0	0.0	1	0.5
<i>Curvularia sp</i>	5	1.2	5	2.4
<i>Epicoccum sp</i>	1	0.2	0	0.0
<i>Fonseca pedrosoi</i>	3	0.7	0	0.0
<i>Fusarium oxyporum</i>	3	0.7	0	0.0
<i>Fusarium solani</i>	1	0.2	0	0.0
<i>Fusarium sp</i>	4	1.0	0	0.0
<i>Helmintosporium sp</i>	2	0.5	0	0.0
<i>Micelio esteril</i>	4	1.0	2	0.9
<i>Monilia sp</i>	2	0.5	0	0.0
<i>Mucor sp</i>	9	2.2	1	0.5
<i>Nigrospora sp</i>	6	1.5	2	0.9
<i>Paecylomices sp</i>	41	10.1	15	7.1
<i>Penicillium sp</i>	130	31.9	34	16.1
<i>Penicillium marneffeii</i>	48	11.8	3	1.4
<i>Rhizopus sp</i>	6	1.5	3	1.4
<i>Rinocladiella acuesperma</i>	6	1.5	0	0.0
<i>Scedosporium apiospermum</i>	6	1.5	0	0.0
<i>Scopulariopsis sp</i>	15	3.7	15	7.1
<i>Syncephalastrum racemosum</i>	8	2.0	13	6.2
<i>Trichophyton rubrum</i>	1	0.2	0	0.0

neurológicos del cual también hay reportes dentro de este hospital de estudio. Fueron aislados hongos como *Penicillium marneffi*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus* o *Mucor spp* también de importancia clínica, ya que pueden producir procesos respiratorios o incluso problemas de necrosis a nivel nasales o palatina como en el caso de *Mucor spp*. Esto concuerda también con lo reportado por Masoomi et al (2014) donde encontraron que *Aspergillus* era el hongo con mayor presencia, esto debido a que produce numerosas esporas pequeñas y livianas que generalmente permanecen en el aire por un largo período de tiempo, mientras que otros géneros de hongos producen menos esporas, más grandes y pesadas, que tienden a tener un asentamiento más rápido. Si bien la incidencia y desarrollo de una infección fúngica es baja, se necesitan de condicionantes específicas, tales como la neutropenia, procesos hematológicos malignos, terapia de inmunosupresión, diabetes mellitus descontrolada y trasplantes, por mencionar algunos, características que presentan los pacientes de este hospital. Por tal motivo la importancia en la monitorización y caracterización de los bioaerosoles fúngicos en este tipo de edificios, es muy importante ya que en un estudio realizado por J.V Schaal et al (2015) observaron que la tasa de mortalidad de pacientes hospitalizados por quemaduras, sufrían infecciones por hongos filamentosos, tales como *Aspergillus spp*, *Fusarium spp* y *Mucors spp* por mencionar algunos, en donde la mortalidad era del 90-100% y 38% en aquellos donde adquirían una colonización cutánea por *Aspergillus spp*.

Otro tipo de hongos importantes aislados del aire hospitalario fueron *Alternaria sp*, *Acremonium sp*, *Syncephalostrum racemosum*, *Curvularia sp*, *Epicoccum sp* y *Rhizopus sp* por mencionar algunos, son de vital importancia ya que al encontrarse en altas concentraciones dentro de lugares cerrados, aumentan la posibilidad de procesos alérgicos o de hipersensibilidad a sus estructuras fúngicas.

Se realizó también prueba estadística (Wilcoxon) para ver si había diferencia significativa entre las especies encontradas en los diferentes muestreos, se tuvo una  $p = 0.013$  por lo que hay diferencia significativa en cuanto a las especies encontradas dentro de las áreas hospitalarias. Esta diferencia como ya se ha hecho mención con anterioridad, es debida al porcentaje de humedad relativa y al tiempo de muestreo, por lo que controlar la humedad relativa, será la condicionante ambiental mas importante dentro del hospital y los muestreos por temporada o incluso de manera periódica mas corta, sería una herramienta precisa para monitorizar las concentraciones de dichos bioaerosoles y así garantizar que la contaminación del aire por agentes biológicos se encuentran dentro de lo estipulado por la Norma NTP 406 del INSHT.

Aunado a estas herramientas estadísticas, se realizó la determinación del índice de biodiversidad de Shannon (tabla 4) en el cual, la biodiversidad se estima de acuerdo a rangos que van de 0-2 para una biodiversidad baja, 2-3 una biodiversidad normal y de 3 a 5 para biodiversidad alta. En el caso de áreas como UCIN, Laboratorio, Tococirugía fue baja con un rango de 1.39-1.95 según la escala de Shannon, para ambos tiempos de muestreo. Para el caso de UCIA la biodiversidad se mantuvo normal (2.12-2.30) en ambos muestreos. Áreas como UCIREN, UCIN y cirugía, obtuvieron un cambio en cuanto a la biodiversidad con una interpretación de normal para la primera temporada y bajo para la segunda; caso contrario en la sala de espera que pasó de alto a normal respectivamente. Esto concuerda con lo realizado estadísticamente en la diferencia de especies encontradas, ya que, de manera general, el hospital presenta una diversidad normal de especies en la primera temporada; mientras que, para la segunda, se obtuvo una biodiversidad baja. Aunque el aire solo es el medio de dispersión y que no se consideran como biota autóctona (Rosa, M., Mosso, M., & Ullán, C. (2002), es de gran importancia conocer como es la biodiversidad de estas especies fúngicas en el aire, ya que no hay datos del índice de Shannon aplicado a bioaerosoles en general.

Tabla 4.- Interpretación de la biodiversidad de especies fúngicas en cada área del hospital respecto al índice de Shannon.

Autoría propia

Área	Primera temporada		Segunda temporada	
	Valor	Interpretación	valor	Interpretación
<b>UCIN</b>	1.62	BAJO	1.95	BAJO
<b>LABORATORIO</b>	1.41	BAJO	1.33	BAJO
<b>TOCOCIRUGÍA</b>	1.60	BAJO	1.39	BAJO
<b>UCIA</b>	2.30	NORMAL	2.12	NORMAL
<b>UCIREN</b>	2.10	NORMAL	1.26	BAJO
<b>URGENCIAS</b>	2.51	NORMAL	1.26	BAJO
<b>CIRUGIA GENERAL</b>	2.40	NORMAL	1.04	BAJO
<b>SALA DE ESPERA</b>	3.25	ALTO	2.06	NORMAL
	<b>2.15</b>	<b>NORMAL</b>	<b>1.55</b>	<b>BAJO</b>

Continuando con la biodiversidad de especies, en las siguientes figuras, se encuentran microfotografías de las especies encontradas. Se puede observar (gráfico 5) que el hongo con mayor frecuencia dentro del hospital fue *Penicillium sp* (figura 16), del cual 13,2 % (ambos muestreos) corresponde a *Penicillium marneffi*, hongo que puede causar infecciones pulmonares graves (Cao, C. et. Al, 2011) con mayor importancia en aquellos pacientes con algún déficit inmune, por ejemplo pacientes VIH positivos (Ustianowski, A. et al, 2008).

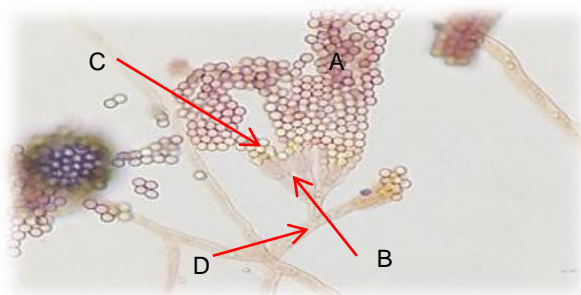


Figura 16.- Morfología microscópica del género *Penicillium sp* observado a 40x. A) Microconidios; B) Metula; C) Fialide; D) Conifióforo

Autoría propia 2017

Por otro lado se obtuvo aislamientos del género de *Aspergillus* (figura 17), de los cuales *Aspergillus fumigatus* (18.1%), *Aspergillus flavus* (6.4%), *Aspergillus*

*niger* (11.4%), representan alto riesgo para causar problemas de salud ya que están asociados a problemas pulmonares en pacientes hospitalizados, debido a la producción de aspergilomas, con depósitos de oxalato cálcico debido a producto de su metabolismo produciendo un daño tisular (Modem, R. et al, 2006).

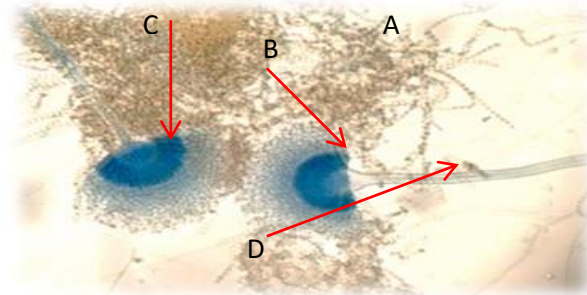


Figura 17.- Morfología microscópica del género *Aspergillus sp* observado a 40x. A) Microconidios; B) Vesícula; C) Fialide; Conifióforo  
Autoría propia 2017

*Cladosporium sp* (7.6%) (figura 18) fue el tercer hongo con mayor aislamientos dentro de las áreas hospitalarias durante el primer muestreo, aunque es frecuentemente aislado del ambiente, su asociación a casos clínicos en ambientes hospitalarios es baja, aunque toma importancia en pacientes que han sufrido quemaduras, ya que son susceptibles a una infección por dicho hongo (Murray, C., et al.,2008).

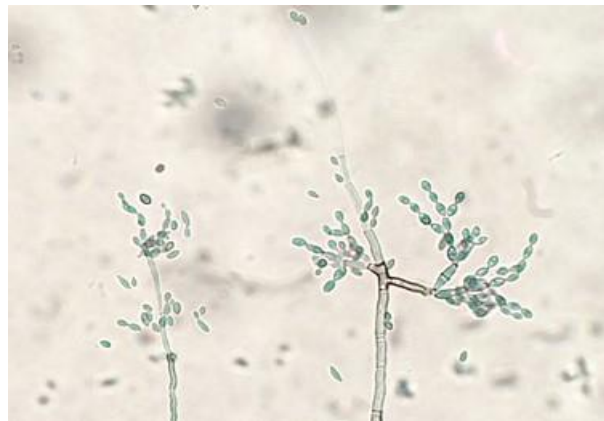


Figura 18.- Morfología microscópica del género *Cladosporium sp* observado a 40x. Se observan conidios en forma de cadena (Blastoconidios en cadena).

Autoría propia 2017

Cabe destacar que la presencia de otros hongos es relativamente baja, por ejemplo *Rhizopus sp* (2.9%) (figura 19), *Mucor sp* (2.7%), *Fusarium sp* (1.2%)(figrua 20), *Syncephalostrum racemosum* (8.2%) (figura 21), representan un alto riesgo para provocar enfermedades como la mucormicosis, y se asocia a pacientes inmunocomprometidos, por ejemplo aquellos con problemas hematológicos (neutropenias, trasplantes de células hematopoyéticas y otros órganos), diabetes, etc. De igual manera se han asociado a pacientes que no presentan un déficit en su salud, pero que han sufrido con algún traumatismo en piel o quemaduras (Bonifaz, A. et al., 2014). Si bien la mayoría de estos hongos son pertenecientes al ambiente, algunos de ellos pueden causar enfermedades pulmonares como lo es *Aspergillus sp*, que puede causar aspergilomas en pacientes inmunocomprometidos. Hongos como *Alternaria sp*, *Rhizopus sp*, *helmintosporium sp*, causan problemas alérgicos, que de alguna manera pueden estar relacionado con el 70% de la población que presentó problemas en vías respiratorias, esto concuerda con un estudio realizado en Michoacán se determinó la prevalencia a la sensibilización de alérgenos y observaron que el 70% obtuvo un resultado positivo a alérgenos provenientes de hongos (Rodríguez-Orozco, 2010).

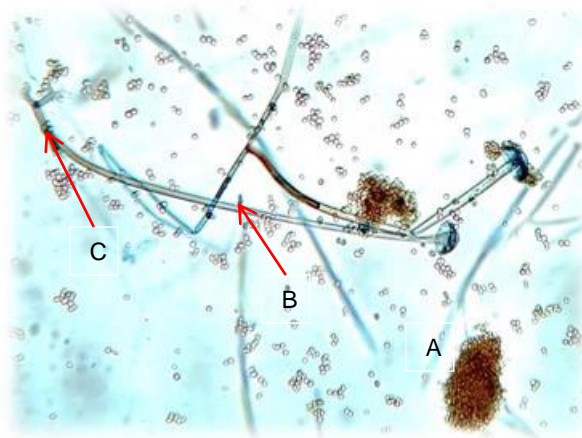


Figura 19.- Morfología microscópica del género *Rhizopus sp* observado a 10x. A) esporangiosporas (endosporas); B) Esporangióforo; C) Rizoide

Autoría propia 2017



Figura 20.- Morfología microscópica del género *Fusarium* sp observado a 40x.  
A)Macroconidios; B) Conidióforo

Autoría propia 2017

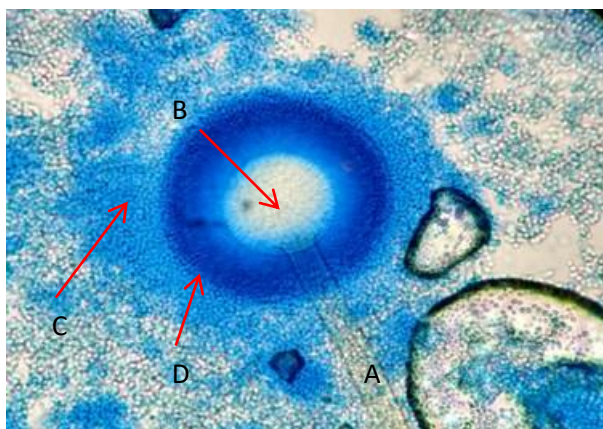


Figura 21.- Morfología microscópica del genero *Syncephalostrum racemosum* observado a 40x. A)Esporangióforo; B)Vesícula; C)Meso-esporangiosporas ; D) Meso-esporangio

Autoría propia 2017

Uno de los objetivos a evaluar, fue valorar el impacto de los bioaerosoles fúngicos al personal hospitalario. Esto se logró mediante la utilización de la encuesta que valora el síndrome del edificio enfermo establecida en la NTP-290. Por lo que se encuestaron a 69 personas solicitando su consentimiento informado de las cuales fueron 23 hombres y 46 mujeres elegidos al azar. Se realizaron preguntas en relación al área laboral y las condiciones del inmueble donde realizan sus actividades de rutina.

Con base en los resultados obtenidos en la encuesta se tiene la siguiente información. El personal se encuentra en edad promedio de 38 años que oscila

entre los 22 a 62 años. Refirieron un tiempo laboral dentro del hospital de 5.8 años, con 4.1 años como mínimo en su puesto de trabajo, una estancia de 4 días a la semana con 11 horas laborales en promedio. Cabe mencionar que hay personal que se encuentra en horarios especiales como son los nocturnos y la jornada acumulada en los cuales trabajan 3 días durante 12 horas continuas (ver tabla 4).

Tabla 4.- Condiciones generales de las características de la población hospitalaria del hospital para valorar el síndrome del edificio enfermo

Autoría propia 2018

<b>CONDICIONES DEL TRABAJADOR</b>	<b>PROMEDIO (RANGO)</b>	
<b>Edad (años)</b>	<b>38 (22-62)</b>	
	Hombres	<b>37</b>
	Mujeres	<b>38</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>69 (48-100)</b>	
	Hombres	<b>76</b>
	Mujeres	<b>66</b>
<b>Altura (m)</b>	<b>163 (138-180)</b>	
	Hombres (m)	<b>170</b>
	Mujeres (m)	<b>164</b>
<b>IMC</b>	Hombres (m)	<b>26.23</b> <b>Sobrepeso</b>
	Mujeres (m)	<b>24.56</b> <b>Normopeso</b>
<b>Sexo</b>	Hombres (%)	<b>33</b>
	Mujeres (%)	<b>67</b>
<b>categoria</b>	Médica (%)	<b>17</b>
	Paramédica (%)	<b>33</b>
	Enfermería (%)	<b>17</b>
	Administrativa (%)	<b>32</b>
<b>Años laborando en el edificio</b>	<b>5.8</b>	
<b>Años laborando en el area actual</b>	<b>4.1</b>	
<b>Horas de trabajo</b>	<b>11</b>	
<b>días de trabajo</b>	<b>4</b>	

Otro dato importante, que indica el estado de salud del personal encuestado es, el estado físico por lo que se pidió el peso y la talla (tabla 4), para valorar el índice de masa corporal, el cual puede ser una condicionante del estado de salud del personal en general, obteniendo así un valor de 24.56 para mujeres y 26.29 para hombres, lo que nos indica de acuerdo a los valores establecidos

por la OMS en el 2006, que la población femenina de este nosocomio presenta un estado de normopeso, comparado con la población de hombres que se encuentran en un estado de sobrepeso.

Respecto a los indicadores ambientales (ver tabla 5) la encuesta señala que el personal (55%) tiene la percepción de que el edificio presenta problemas con respecto a la humedad, 87% de la población refiere acumulación de polvo en el área de trabajo o en pasillos y la vía de entrada, así como una mala ejecución en la limpieza del nosocomio con un 72%. La población menciona también, un daño en el deterioro del inmueble por hongos, con un 48%, cabe mencionar que la mayoría de ellos no reconocen los daños causados al inmueble por estos microorganismos. Pitarma et al (2016) realizó el monitoreo de los contaminantes del aire en el interior, donde pusieron de manifiesto puntos críticos, los cuales pueden ser clave para prevenir riesgos a la salud humana, en donde utilizaron 5 tipos de sensores dentro de los cuales estaba la humedad relativa, temperatura, monóxido de carbono, dióxido de carbono y luminosidad; de esta manera, mediante la observación en cambios mínimos de variaciones por cortos periodos de tiempo, realizar medidas preventivas. Cabe destacar que el uso de este sensor u otros sensores, según Pitarma (2016), puede ir adicionando más parámetros, para tener un completo estudio de estado de contaminación del aire.

Por otra parte, uno de los puntos importantes de la encuesta es conocer síntomas que pudieran estar relacionados con la concentración de bioaerosoles dentro del hospital, obteniendo un 73% con malestares oculares, con un 70% y 67% problemas nasales y de garganta respectivamente; con un 45% problemas en la piel; de igual manera el 49% de la población refiere haber presentado síntomas similares a cuadros de infección respiratoria y por ultimo el 49% refiere problemas al estado general como dolor de cabeza, cansancio y mareos.

Se obtuvo información muy útil ya que el 70% de la población refiere problemas respiratorios, siendo causa probable las altas concentraciones de bioaerosoles fúngicos dentro del hospital, si bien hay diferentes factores que

pueden ser causa, los resultados obtenidos pueden ser un factor importante de los datos obtenidos en la encuesta (ver tabla 5).

Tabla 5.-. Concentrado de las variables obtenidas de la encuesta realizada a los trabajadores del hospital para valorar el síndrome del edificio enfermo  
Autoría propia 2018

<b>CONDICIONES DEL AREA DE TRABAJO</b>	<b>SI (%)</b>	<b>No(%)</b>	<b>Prevalencia (Frecuencia de sintomas)</b>
<b>Humedad</b>	55	45	0.55
<b>Limpieza</b>	28	72	0.27
<b>Acumulacion de polvo</b>	87	13	0.86
<b>Problemas con hongos</b>	48	52	0.47
<b>SIGNOS Y SINTOMAS</b>	<b>SI (%)</b>	<b>No(%)</b>	<b>Prevalencia (Frecuencia de sintomas)</b>
<b>Oculares</b>	73	23	0.76
<b>Nasales</b>	70	30	0.69
<b>Garganta</b>	67	33	0.66
<b>Cutaneos</b>	45	55	0.44
<b>Parecidos Gripe</b>	49	51	0.49
<b>Sintomas generales</b>	49	51	0.49
*Este dato se obtiene, del numero total de personas que respondieron "SI" entre el numero total de participantes			

Así mismo en la tabla 5, de acuerdo a la NTP 290: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario para su detección, del cual fue extraída la encuesta, en específico la parte de contaminantes biológicos, se valoraron las condiciones del trabajador, condiciones del área laboral, signos y síntomas del personal, menciona que para estos últimos si el valor de la prevalencia o frecuencia de síntomas supera el valor de  $p > 0.20$  se le atribuirá el síndrome del edificio enfermo, en este caso el hospital queda catalogado como un edificio enfermo. Una fuente importante de los generadores de bioaerosoles dentro de los hospitales y cualquier edificio son las descargas de los baños, por ello Cooper et al (2016) realizaron un estudio utilizando rayos UVC (254-nm) durante un periodo de 5 minutos como medida de prevención o descontaminación por la generación de bioaerosoles por el uso de excusados, en donde observaron, que la irradiación disminuía considerablemente la concentración de los bioaerosoles, tal es el caso de bacterias como *Clostridium difficile* y *Staphylococcus aureus* meticilina resistente, comparándola con aquellos baños

de los pacientes donde no se realizaba tal proceso. Esta media puede ser de gran utilidad en los quirófanos de este hospital, así mismo como en las unidades de cuidados intensivos, donde puede aplicarse entre cambio de paciente y paciente, ya que no requiere largos periodos de exposición y no genera flúidos como lo son los desinfectantes químicos.

Estos resultados concuerdan con un estudio realizado por Contreras et al (2017) donde analizó el riesgo en laboratorios microbiológicos, biotecnológicos buscando el factor de riesgo que presenta el personal; cabe mencionar que en este estudio al igual que en este trabajo; las personas no manifestaron la aparición de alguna infección relacionada al aspecto laboral, aunque, si notaron la presencia de manifestaciones clínicas, como rash, otitis, síntomas en garganta; sobre todo de aquellas persona que están más expuestas al agente biológico; de esta manera se observa relación de riesgo más alta del personal de enfermería y paramédico sobre el personal administrativo y médico.

De igual manera los datos obtenidos en la encuesta (tabla 5) permitieron realizar estadística aplicada en epidemiología, dándonos a la tarea de calcular el Riesgo relativo (RR) y la razón de Momios (RM). En la tabla se observa que en general el riesgo relativo según el valor (tabla 6), de acuerdo a la categoría laboral queda de la siguiente manera: **Enfermería > Paramédico > Médica > Administrativo**, de acuerdo a los rangos de interpretación (tabla 7).

Tabla 6.- de comparación de resultados del Riesgo relativo y la razón de momios de las diferentes categorías con respecto a desarrollar sintomatología estimada por la encuesta NTP- 290.

Autoría propia

Categoría laboral	RR	RM	RR	RM	RR	RM	RR	RM	RR	RM	RR	RM
	Nasales		Garganta		Cutaneos		Gripe		Síntomas generales		Oculares	
Médica/enfermería	0.8	0.5	0.6	0.2	0.2	0.0	0.8	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3
Médica/paramédica	0.7	0.4	1.0	1.1	0.4	0.3	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8
Médica/administrativa	0.9	0.8	1.0	1.0	0.4	0.2	1.2	1.4	0.8	0.7	1.2	1.7
Enfermería/paramédica	1.0	0.8	1.7	5.3	2.3	17.1	1.3	1.8	1.5	2.6	1.2	3.1
Enfermería/administrativa	1.2	1.7	1.7	5.0	2.0	13.2	1.6	2.9	1.3	2.0	1.4	6.3
Paraéedica/administrativa	1.2	2.1	1.0	0.9	0.9	0.8	1.3	1.6	0.9	0.8	1.2	2.1

Tabla 7.- Interpretación del riesgo relativo.  
Autoría propia

<b>Riesgo Relativo</b>	
<1	Indica que existe una asociación negativa, es decir, que no existe factor de riesgo, que lo que existe es un factor protector.
1	Indica que no hay asociación entre la presencia del factor de riesgo y el evento.
>1	Indica que existe asociación positiva, es decir, que la presencia del factor de riesgo se asocia a una mayor frecuencia de suceder el evento.

Con respecto a la Razón de momio para el caso de síntomas nasales el área paramédica y enfermería tiene 2 veces mas probabilidades de padecer esta manifestación con respecto al área medica y administrativa. Para problemas de garganta y cutáneos el personal de enfermería tiene 5 y 17 veces más probabilidades respectivamente de padecer estos síntomas con respecto al área médica, paramédica y administrativa. El área de enfermería y paramédica tiene 2.9 y 1.6 veces respectivamente de padecer problemas de gripe con respecto al área medica y administrativa. Lo mismo sucede para síntomas relacionados con problemas oculares enfermería tiene 6.3 veces más probabilidades de padecer de esta sintomatología comparada con el área paramédica que tiene 2.1 veces más comparada con el área administrativa, esto concuerda con lo obtenido al calcular el Riesgo relativo.

## 9. Conclusiones

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, en todas las áreas analizadas (blancas, grises y negras) del hospital se encontró contaminación ambiental por bioaerosoles fúngicos.
- Dentro de los géneros fúngicos aislados del aire del hospital, se encontraron *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, *Alternaria spp*; *Candida spp*, *Mucor* y *Cryptococcus spp* principalmente, con especies importantes como lo son *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans* y *Cryptococcus neoformans*. Estos últimos de impacto potencial en la salud de los pacientes, ya que son casos comunes de infección dentro de este hospital.
- Los bioaerosoles fúngicos aislados del interior del hospital, representan un alto riesgo, a la salud del personal y pacientes hospitalizados, ya que las concentraciones superan lo establecido por la norma española, que tiene un rango de  $< 100 \text{ UFC/m}^3$ .
- Se aislaron hongos altamente alergénicos como *Cladosporium spp*, *Alternaria spp*, *Syncephalostrum racemosum*, *Rhizopus spp*.
- Dentro de las condicionantes ambientales, la humedad relativa fue la más importante para la sobrevivencia de estos microorganismos dispersos en el aire, por otra parte la temperatura presente en el hospital estadísticamente no influyó directamente en la viabilidad de estos bioaerosoles.
- La concentración de los bioaerosoles en los dos periodos muestreados superan la norma española, en el primer muestreo se observan puntos muy

altos pero con poca dispersión, a diferencia del segundo, donde se observaron puntos muy dispersos.

- El análisis de la encuesta, demostró que el personal con el impacto mas alto a la salud, fueron los trabajadores del servicio de enfermería y paramédica.

## **10. Recomendaciones y perspectivas**

- Entregar reporte de los resultados de la investigación de tesis al hospital para implementar, medidas correctivas y preventivas.
- Dar recomendaciones del manejo de control para las altas concentraciones de bioaerosoles dentro del hospital, apoyándose en la normatividad existente dentro del país.
- Realizar muestreos en periodos más cortos de tiempo e incluir una mayor cantidad de áreas hospitalarias.
- Aumentar el rango de bioaerosoles, es decir, realizar el muestro para bacterias y hongos en conjunto.
- Realizar la búsqueda de bioaerosoles no cultivables, aplicando herramientas de biología molecular.
- Seguir esta vinculación creada con el hospital para futuros trabajos de investigación.

## 11. Bibliografía

- Aakkola, J.J. and Miettinen, P. (1995) Ventilation rate in office buildings and sick building syndrome, *Occup. Environ. Med.*52. 709–714.
- Almaguer M et al. (2012). Aerobiological dynamics of potentially pathogenic fungi in a rice agroecosystem in La Habana, Cuba. *Aerobiologia*. 177-183.
- Berenguer et al. (1990) El síndrome del edificio enfermo. guía práctica para su evaluación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Bonifaz, A et al. (2014). Mucormycosis in children: a study of 22 cases in a Mexican hospital. *Mycoses*. 5779-5784.
- Burgos, Dagoberto., Rivas, Clicerio. (2008). El síndrome de los edificios enfermos: causas y alternativas de solución causantes de patologías por problemas de mantenimiento, operación e higiene. *Epistemos. Ciencia, tecnología y salud*. 4. 18-25.
- C. S. y Wather C. M. (1995). *Bioaerosols Handbook*. Lewis Publishers, Nueva York, EUA. 656.
- Cao, C., Liang, L., Wang, W., Luo, H., Huang, S., Liu, D. (2011). Common Reservoirs for *Penicillium marneffe* Infection in Humans and Rodents, China. *Emerging Infectious Diseases*, 17(2), 209-214.
- Chaves J. (2004). Desarrollo tecnológico en la primera evolución industrial. *Revista de historia*. 17. 93-109.
- Contreras, Z., & Ramírez, P., & Bermúdez, V. (2017). Asociación entre la exposición al riesgo biológico y signos y síntomas clínicos en asistentes de laboratorio. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36 (3), 49-57.
- Cooper J, E. (2016). Efficacy of an automated ultraviolet C device in a shared hospital bathroom. *44(12):1692-1694*.
- Cuellar-Rodríguez J, et al. (2005). Infecciones en trasplante de órganos sólido; *Rev Invest Clin*. 368-380.
- De la Rosa et al. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*. 5. 375-402

- E. Roberts. (2001). Manual de control de la calidad del aire. México. McGraw-hill interamericana editores s.a de c,v
- Guardino X. (1994). Calidad del aire interior. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 44.1-44.33
- Guasch J. (1994). Control ambiental de interiores. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 45.2-45-24.
- Hernández-Velandia, David Ricardo, & Lizarazo-Forero, Luz Marina. (2015). Determinación y comparación aerobiológica en tres archivos de la Empresa de Energía de Boyacá, Tunja (Colombia). Revista Salud Uninorte. 31(3), 537-547
- Herr. et al. (2003). Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study . Occup Environ Med. 60. 336–342.
- Hoisington, A., Brenner, L., Kinney, K., Postolache, T. and Lowry, C. (2015). The microbiome of the built environment and mental health. Microbiome, (3). 1-12.
- INAFED (2010). Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB. Secretaría de Gobernación
- INEGI 2011
- J.V. Schaal et al (2015). Epidemiology of filamentous fungal infections in burned patients: A French retrospective study. Burns ELSEVIER, 4(I), 853-863.
- Jiang XQ, XD Mei, D. Feng. (2016). Air pollution and chronic airway diseases: what should people know and do?. J Thorac Dis. 8(1): 31-40.
- Kembel, S., Jones, E., Kline, J., Northcutt, D., Stenson, J., Womack, A., Bohannan, B., Brown, G. and Green, J. (2012). Architectural design influences the diversity and structure of the built environment microbiome. The ISME Journal, 6(8).1469-1479.
- L.J. Mueller-Anneling. (2006). Biomonitoring for assessme nt of organic dust-induced lung inflammation. European respiratory journal. Vol. 27. 1096–1101

- Leung, M. and Lee, P. (2016). The roles of the outdoors and occupants in contributing to a potential pan-microbiome of the built environment: a review. *Microbiome*, 4(1). 4-21.
- Levetin E, Dorsey K. (2006). Contribution of leaf surface fungi to the air spora. *Aerobiologia*; 3-12.
- Lukaszuk et al (2016). Indoor air studies of fungi contamination in two kindergartens un Kavala, Greece. *Prog Health Sci*. 6 (1); 123-129.
- Maldonado et al. (2014). Bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios ubicados en León, Guanajuato, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*. 30. 351-363.
- Maldonado-vega et al. (2014). Bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios ubicados en León, Guanajuato, México. *revista internacional de contaminación ambiental*, 30(4), 351-363.
- Masoomah S.G et al (2015); Investigation on distribution of airborne fungi in outdoor environment in Tehran, Iran; *Journal of Environmental Health Science & Engineering*; 12:54; 1-7.
- Meadow, J., Altrichter, A., Kembel, S., Kline, J., Mhuireach, G., Moriyama, M., Northcutt, D., O'Connor, T., Womack, A., Brown, G., Green, J. and Bohannon, B. (2013). Indoor airborne bacterial communities are influenced by ventilation, occupancy, and outdoor air source. *Indoor Air*, 24(1). 41-48.
- Michael Leung, Alan H.S. Chan. (2006). Control and management of hospital indoor air quality. *Med Sci Monit*. 12. 17-23.
- Modem, R., Florence, R., Goulart, R. and Pantanowitz, L. (2006). Pulmonary Aspergillus-associated calcium oxalate crystals. *Diagnostic Cytopathology*, 34(10). 692-693.
- Murray, C., Loo, F., Hospenhal, D., Cancio, L., Jones, J., Kim, S., Holcomb, J., Wade, C. and Wolf, S. (2008). Incidence of systemic fungal infection and related mortality following severe burns. *Burns*, 34(8).1108-1112.
- Nina Singh, David L. Paterson (2005). Aspergillus Infections in Transplant Recipients; *Clinical microbiology reviews*. 44-69.

- Organización mundial de la salud (oms). (2006). guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. actualización mundial. resumen de evaluación de los riesgos. suiza: OMS.
- Pardos I. 2006. La contaminación atmosférica y los ecosistemas forestales. Investigación agraria: sistemas y recursos forestales. Fuera de serie. 55-70.
- PD Sharma (2005). Environmental microbiology. Alpha science international ltd Delhi, India.
- Pitarma R., Marques G., Caetano F. (2016) Monitoring Indoor Air Quality to Improve Occupational Health. New Advances in Information Systems and Technologies. 445. 13-21.
- Prussin, A. and Marr, L. (2015). Sources of airborne microorganisms in the built environment. Microbiome, 3(1).
- R Campbell. 1987. Ecología microbiana. Editorial Limusa, Cd de México, 208-209
- Rodríguez-Orozco, Alain R., Moreno-Chimal, Kena, Méndez-López, Texca T., & Gómez-Alonso, Carlos. (2010). Prevalencia comparada de sensibilización a géneros de hongos alergénicos en pacientes con alergias respiratorias provenientes de Michoacán y Altos de Jalisco-León, Gto., años 2004-2006 vs 2007-2009. Revista mexicana de micología, 32, 01-09.
- Rosas I. 2004, microbiología ambiental. Instituto nacional de ecología. Cd de México. 15-16.
- Rosa, M., Mosso, M., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Observatorio Medioambiental. 5. 375 - 402.
- Seoanez M. (1998). Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Manual para responsables medioambientales. Ediciones Mundi-prensa. España. 97, 99, 399-401
- Shams-Ghahfarokhi, M., Aghaei-Gharehbolagh, S., Aslani, N. and Razzaghi-Abyaneh, M. (2014). Investigation on distribution of airborne fungi

in outdoor environment in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 12(1). 54.

- Sidel DF et al. 2015. Airborne fungal spores of *Alternaria*, meteorological parameters and predicting variables. *International Journal of Biometeorology*. 59. 339–346.
- Spilak, M., Madsen, A., Knudsen, S., Kolarik, B., Hansen, E., Frederiksen, M. and Gunnarsen, L. (2015). Impact of dwelling characteristics on concentrations of bacteria, fungi, endotoxin and total inflammatory potential in settled dust. *Building and Environment*. 93. 64-71.
- Tolaza-Moreno. 2011. Aeromicrobiología del archivo central de la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá). *acta biologica colombiana*. 16. 185-194.
- Toloza-Moreno, Deisy L., Lizarazo-Forero, Luz M., & Blanco-Valbuena, Jorge O.. (2012). Concentración y composición microbiana en el ambiente de la biblioteca central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. *Actualidades Biológicas*. 34(97). 241-252.
- Ustianowski, A., Sieu, T. and Day, J. (2008). *Penicillium marneffe* infection in HIV. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 21(1).31-36.
- Veda de kuyper J. 2007 .*Química del medio ambiente*. Alfaomega grupo editorial sa de cv México Df. 99.
- W. Strauss (2001). *Contaminación del aire. Causas, efectos y soluciones*. Editorial trillas. México DF. 75.
- Yang Chin. (2007). *Sampling and analysis of indoor microorganisms*. Wiley-interscience a John Wiley and Sons, INC, Publication. 3

## 12. ANEXOS

### ANEXO I.- ENCUESTA



El propósito del presente estudio es investigar la relación de las condiciones ambientales en su trabajo (temperatura, humedad y Bioaerosoles fúngicos), con alguna manifestación clínica (signos o síntomas), que usted crea que pueda presentar durante su estancia laboral. Por lo que se le realizará una serie de preguntas, en las cual tomará aproximadamente 5 minutos de su tiempo.

Es importante que sepa que toda la información obtenida se manejará de forma anónima. Se mantendrá en confidencialidad su identidad y la información recabada, ya que su nombre no aparecerá en ningún documento ni en la base de datos. Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente para los fines de investigación. Su participación en este estudio no conlleva ningún riesgo.

Firma de autorización \_\_\_\_\_

Número de encuesta	
Fecha	

1.-Edad: \_\_\_\_\_ años

Peso: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

2.-Área o departamento:

-

3.- Sexo:  H   M

4.- Categoría de laboral:

Administrativo  
Enfermería  
Paramédico  
Medico

5.- Antigüedad en el puesto:

\_\_\_\_\_Años  
\_\_\_\_\_Meses

6.- ¿Cuanto tiempo hace que trabaja en este edificio?

\_\_\_\_\_Años  
\_\_\_\_\_Meses

7.- ¿cuánto tiempo hace que trabaja en el área actual?

\_\_\_\_\_Años  
\_\_\_\_\_Meses

8.- ¿Qué días de la semana trabaja?

Lun Ma Mi Ju Vi Sa Dom

9.- ¿Cuantas horas trabaja al día?

\_\_\_\_\_.

Sobre tu lugar de trabajo

10.- En relación a la ventilación

Hay corrientes de aire SI NO  
Falta de ventilación SI NO  
estancamiento de aire SI NO  
No hay ningún problema

11.- La temperatura/humedad produce:

Demasiado calor SI NO  
Demasiado frio SI  
NO  
Demasiada humedad SI NO  
Demasiada sequedad SI  
NO  
No hay problema

12.- Ha observado problemas de humedad en el edificio SI NO

13.- Ha visto acumulación de polvo en su lugar de trabajo SI NO

14.- La limpieza de su área de trabajo es adecuada SI NO

**15.- Ha identificado alguna entrada de polvo o algún lugar donde se acumule el polvo** SI NO

Donde \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**16.- La iluminación es:**

Demasiado intensa	SI	NO
NO		
Escasa	SI	NO
NO		
Produce deslumbramientos	SI	NO
Se producen parpadeos de luz	SI	NO
No hay problema		

**17.- Ha observado daños al edificio por hongos** SI NO

Las siguientes preguntas se refiera a ciertos síntomas que usted puede haber experimentado durante su trabajo. Por favor, anote solo aquellas que considere que están relacionados con la estancia en el edificio durante su trabajo o si alguno de estos cree que son causa de haber estado ahí.

**18.- Síntomas oculares:** Si No

Enrojecimiento	SI	NO
Escozor /picor	SI	NO
Sequedad	SI	NO
Lagrimo	SI	NO
Hinchazón	SI	NO
Visión borrosa	SI	NO

otros \_\_\_\_\_

**19.- Síntomas nasales:** Si No

Hemorragia nasal	SI	NO
Congestión nasal	SI	NO
Sequedad nasal	SI	NO
Flujo nasal	SI	NO

Estornudos \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

**20.- Síntomas de gargantas:** Si No

Sequedad	SI	NO
NO		
Picor	SI	NO
Dolor	SI	NO

Otros \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**21.- Síntomas cutáneos:** Si No

Sequedad de piel	SI	NO
Erupciones	SI	NO
Escamas	SI	NO
Prurito	SI	NO
Otros	SI	NO

**22- Síntomas parecidos a gripe:**

Si No

Fiebre	SI	NO
Escalofríos	SI	NO
Debilidad	SI	NO
Lagrimo ocular	SI	NO
Otros		

**23.- Síntomas generales:** Si No

Debilidad	SI	NO
Mareo	SI	NO
Dificultad de concentración	SI	NO
Dolor de cabeza	SI	NO
Letargo/falta de energía	SI	NO

Otro \_\_\_\_\_

Presenta usted alguna enfermedad

Diabetes \_\_\_\_\_

Hipertensión \_\_\_\_\_

Otra: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Los datos obtenidos en esta encuesta se manejaran de forma confidencial.

## **ANEXO II.- TÉCNICA MICROCULTIVO (TECNICA DE RIDELL MODIFICADA)**

### IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FILAMENTOSOS POR LA TÉCNICA DE RIDELL (MICROCULTIVO)

1. Cortar cuadros de PDA de una caja Petri de 1 cm de lado y 3 mm de espesor con un bisturí estéril y caliente.
- 2.- Colocar el cuadro de PDA en un portaobjetos que está sobre una varilla de vidrio doblada en forma de "V" en una caja de Petri (previamente esterilizada).
3. Tomar con el asa el inoculó del hongo previamente seleccionado.
4. Inocular por picadura en cada uno de los lados del cuadro de agar.
5. Colocar sobre el agar un cubreobjeto o portaobjetos y presionar ligeramente para que se adhiera al medio.
6. Adicionar 5-8 mL de agua previamente estéril en la caja petri a fin de que tenga la humedad suficiente para su crecimiento
7. Incubar a 28 °C durante 4 días o hasta que haya suficiente crecimiento.
8. Desprender con cuidado el cubreobjetos y el portaobjetos y se colocar una gota de azul de lactofenol a cada uno.
9. Observar en el microscopio a 40X y con ayuda de las claves taxonómicas proceder a su clasificación.

## ANEXO 3.- KITS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LEVADURAS

### **BBL™ CHROMagar™ Candida Medium**

#### USO PREVISTO

BBL CHROMagar Candida Medium es un medio para el aislamiento y la identificación de *Candida albicans*, *C. tropicalis* y *C. krusei* a partir de muestras clínicas. Inhibe el crecimiento de bacterias y también puede utilizarse como medio de aislamiento selectivo para otras especies de levaduras y para hongos filamentosos

BBL CHROMagar Candida Medium.

La mezcla cromógena patentada está formada por sustratos artificiales (cromógenos), que liberan compuestos de colores diferentes al ser degradados por enzimas específicas. De esta manera es posible diferenciar determinadas especies o detectar ciertos grupos de organismos con sólo un mínimo de pruebas de confirmación. El cloranfenicol inhibe la mayoría de los contaminantes bacterianos.

Técnica:

1. Extender la muestra para aislamiento en la superficie del medio. Si la muestra se cultiva de una torunda, hacerla girar sobre una superficie pequeña de la superficie cercana al borde, para luego extenderla a partir de dicha zona con un asa.
2. Incubar las placas en atmósfera aerobia a  $35 \pm 2$  °C durante 20 – 48 h en posición invertida.
3. Se requiere una incubación de 42 para que se desarrolle por completo el color de las colonias *Candida*
4. Reducir al mínimo la exposición a la luz antes de la incubación y durante ella.

Tomado de: <http://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8810>

## **AUXACOLOR™ 2**

Prueba colorimétrica en asimilación de azúcares para la identificación de levaduras de interés médico

Auxacolor (Bio-Rad) es un sistema de identificación basado en la asimilación de 13 azúcares que permite identificar 26 especies diferentes de levaduras. El crecimiento de la levadura se visualiza por el cambio de un indicador de pH. La galería incorpora, además, una prueba de resistencia a la actidiona y otra para la detección de la actividad fenol-oxidasa de *C. neoformans*.

técnica

1. Preparar el inoculó de un cultivo previo del espécimen muestra, bajo condiciones de esterilidad en suspensión de 1.5 McFarland.
2. Homogenizar la suspensión correctamente.
3. Aspirar 100 µL de esta suspensión y colocarla en cada uno de los pozillos de la microplaca.
4. Cubrir la microplaca con el papel adhesivo e incubar a 48 horas (72 h si es necesario) a 30 °C (+/- 2° C).
5. Interpretar resultados de acuerdo a la tabla del inserto.

Tomado de:

[http://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/inserts/CDG/en/56513\\_880050\\_EN.pdf](http://www.bio-rad.com/webroot/web/pdf/inserts/CDG/en/56513_880050_EN.pdf)